

LEONARDIAN FLUID MECHANICS

“LIBRO DELL’ACQUA”
V

ENZO MACAGNO



IIHR Monograph No. 123

IIHR—Hydroscience & Engineering
College of Engineering
The University of Iowa

Iowa City, Iowa 52242-1585

JANUARY 2005

*The
University
of Iowa
Libraries*

QC142

L46

M316

1998

v.5

"LIBRO DELL'ACQUA"

V

ENZO MACAGNO

Sponsored by

National Science Foundation

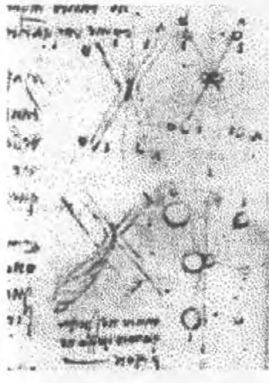
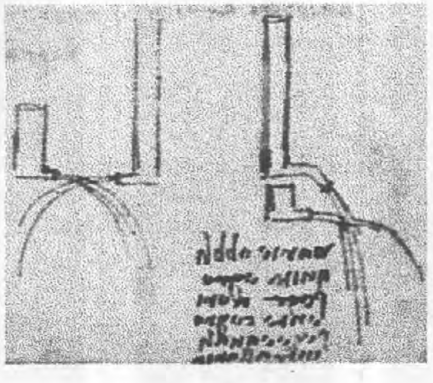

and

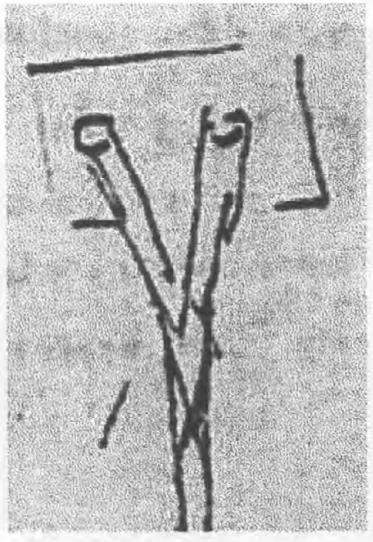
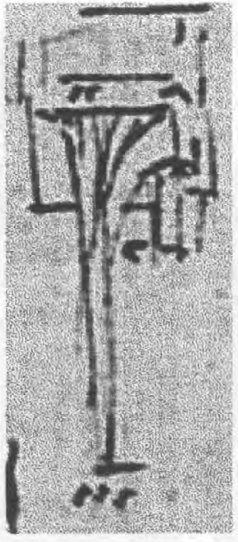
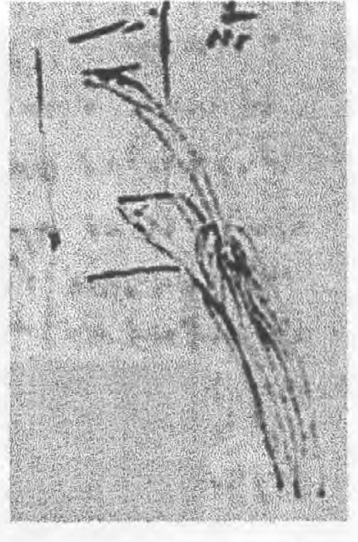
National Endowment for the Humanities

IIHR Monograph No 123

IIHR-Hydrosience & Engineering
The University of Iowa
College of Engineering
Iowa City, Iowa 52242-1585

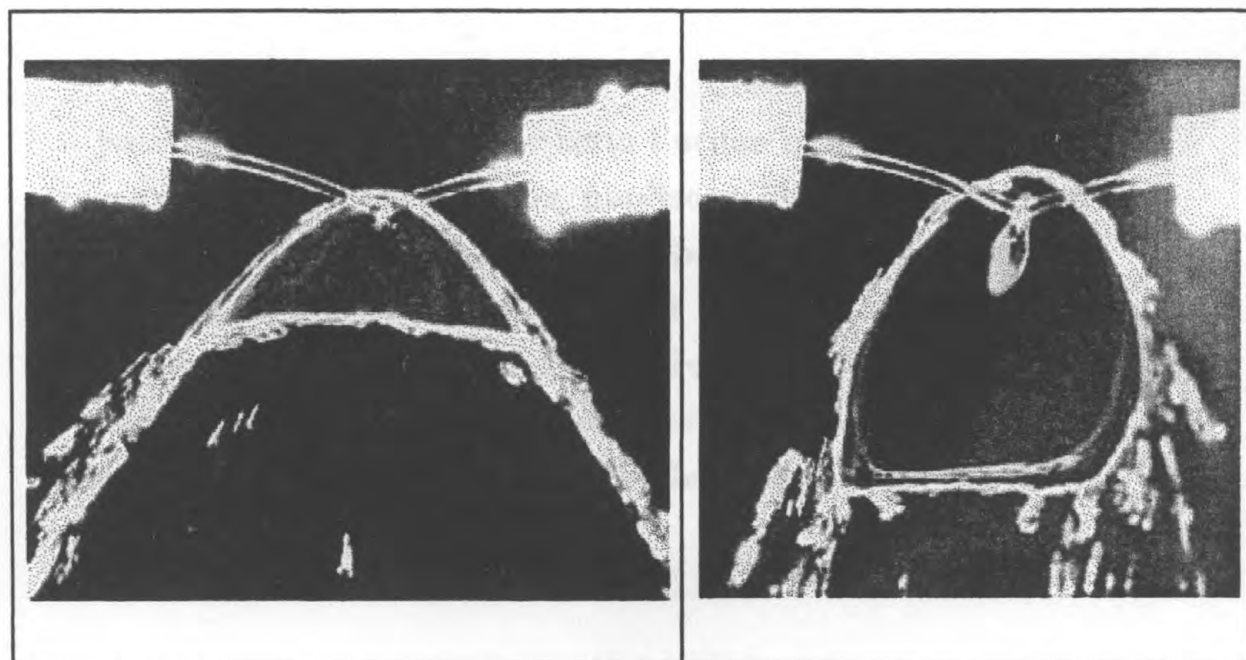
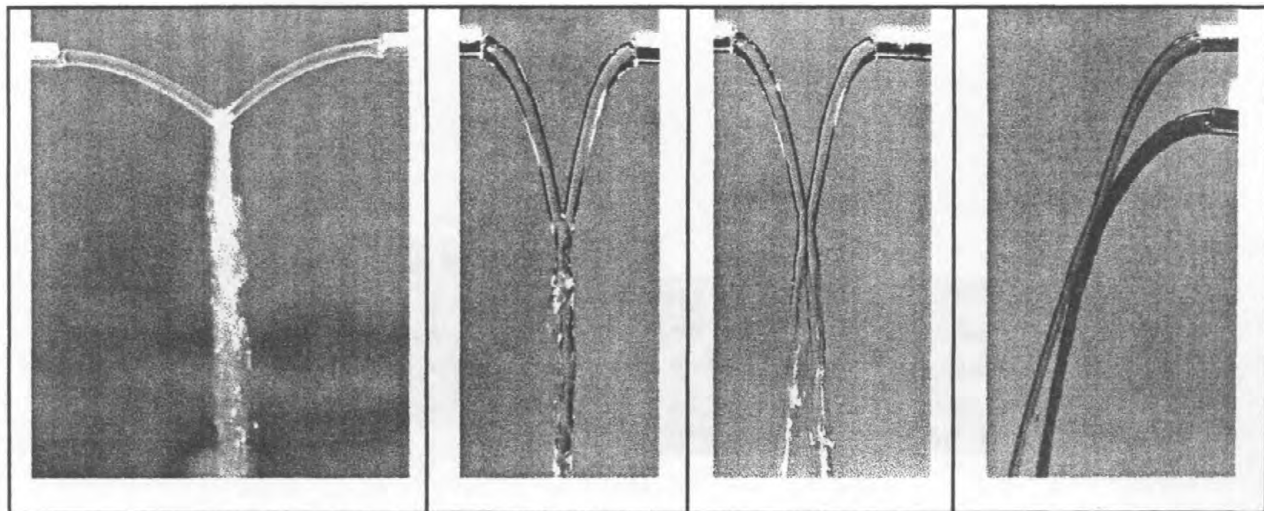
JANUARY 2005

		
Ms I 86R	Ms F 45V	CA 465 R

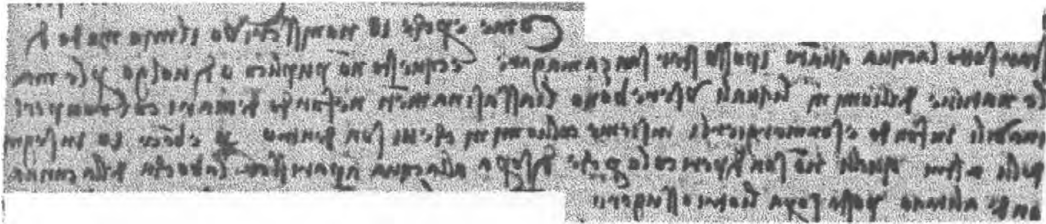
		
Ms F 81R D1	Ms F 81R D2	Ms F 81R D3

IMPINGING WATER JETS IN LEONARDO'S NOTEBOOKS

TO STUDY LEONARDO'S SCIENCE OF WATER



**USE OF EXPERIMENTAL FACTS
TO STUDY LEONARDO'S SCIENCE OF WATER**



Come e perche io non
jsscrivo il mjo modo di star sotto l acqua quanto i posso star
sanza magare e questo non puplico o diuolgo per le male
nature delli omjnj li quali vserebano li assassinamenti ne
fondo de mari col ronpere I navili in fondo e sonmergierli
insieme colli omjnj che ui son dentro e bence io insegnj delli
altri quelli non son di pericolo perche di sopra all acqua
aparissce la bocha della canna onde alitano posta sopra li
otri o ssugero. CL 22V 21-26

ETHICAL STATEMENT IN "LIBRO DELL'ACQUA "

TABLE OF CONTENTS

PROEM

INTRODUCTION	1
WHY COMPILING IN THE ORIGINAL LANGUAGE	7
HYDRAULICS TREATISES AFTER LEONARDO	11
LEONARDIAN NOTES IN THIS MONOGRAP	16
CONCLUSION	26
BIBLIOGRAPHY	29
ACKNOWLEDGEMENT	35

"DELLA NATRA DEI FIUMI".

"AI BENIGNI LETTORI"	1
CHAPTERS I-II	2
ANNOTATIONS TO CHAPTER II	9
CHAPTERS III TO X	11

"LIBRO DELL ACQUA "

2. DELL MARE	1-52
3. DELLE UENE	1-26
4. DE FIUMJ	1-126
5. DELLE NATURE DE FONDI	1-36
6. DELLI OBBIETTI	1-29

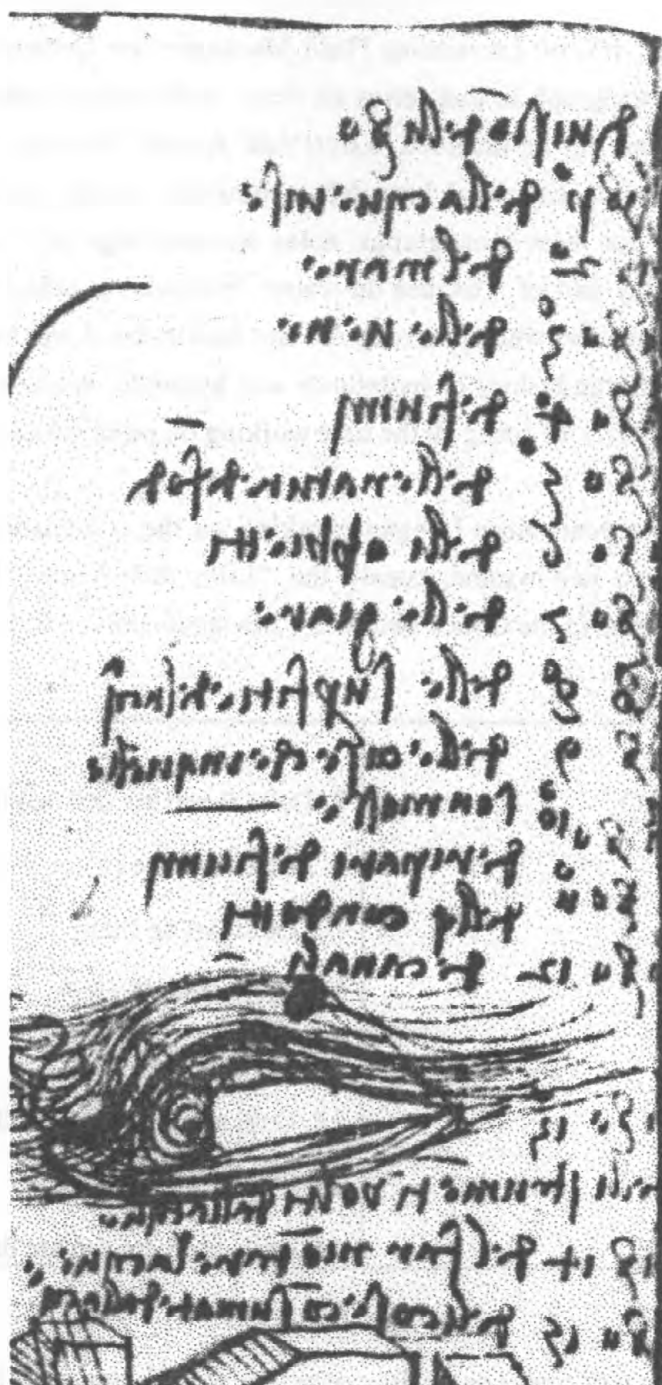
INTRODUCTION

I published Monograph 100 on Leonardian Fluid Mechanics, on December 1986. This is my twenty-second monograph in that series on flow and transport phenomena and the fifth containing his notes for an intended "Libro dell' Acqua". Because Hydraulics is an applied branch of Fluid Mechanics, I have felt comfortable in my including, under the initial heading I chose for these monographs, notes and drawings by Leonardo which he intended to be some day part of a treatise on water. However, in doing that, I may have been misleading some readers who apparently did not realize that I was conducting a new project related in fact to the history of hydraulics and hydraulic engineering. I may have given the wrong impression of being all the time working on purely basic fluid mechanics.

It is now more than ten years since I began working on the compilation of one of the several treatises Leonardo had in mind, namely the "Libro dell' Acqua". For this book, he left a list of fifteen chapters in the Codex Leicester [Macagno 1997, p.85].

DIVISION DEL LIBRO	
1. Dell acque in se	8. Delle superfitie dell acque
2. Dell mare	9. Delle cose che in quel son mosse
3. Delle uene	10. De ripari de fiumj
4. De fiumj	11. Dellj condottj
5. Delle nature de fondi	12. De canalj
6. Delli obbietti	13. Delli strumenti volti dall acque
7. Delle giare	14. Del far montare lacque
	15. Dalle cose consumate dall acqua

I find the above ordering of topics generally consistent with Leonardo's ideas about water, its omnipresence and its multiple roles in our planet, its dynamics and the problems it creates to human societies, on the one hand, and on how it helps humanity, on the other



The fifteen chapters of "Libro dell'Acqua."

CL 15V D1

hand. The list obviously shows emphasis on fluvial aspects, something to be expected from Leonardo, I think. The only correction I would make to the above list is to move the last chapter to the tenth place leaving all the others in the sequence Leonardo conceived for them. However, I decided not to introduce the above change in my compilation. I feel I had to make already too many decisions concerning the chapter, or chapters, to which each passage might belong. In many cases, I felt unsure in making such decisions; hence, at least, I do not want to disrupt Leonardo's list. Perhaps he had a very good reason to leave for the last chapter the erosive power of water. I am not one who believes in the possibility of ever fully understanding people who lived centuries before us. A Leonardist working in the future, on a refinement of this compilation, may find a plausible reason for Leonardo's ordering of topics, or may decide that this was in fact a mistake of Leonardo. For the time being, I have adhered strictly to this list for my work, while also taking into account, when possible, many notes of the notebooks in which Leonardo listed some of the topics he wanted to include in the book on water [Macagno 2000, Section 0.3]. In fact, many of the notes -dispersed here and there in his notebooks- in which Leonardo made a memo about what to include in the book on water, and sometimes with instructions on how to do it, are not always consistent with the list of chapters in the Codex Leicester.

The four IIHR Monographs preceding this one contain the notes for the four different sections into which I have divided "Dell'Acqua in se" (i.e., Chapter 1 of the "Libro dell'Acqua"). I gave to those sections the titles: "Proemio", "Spera dell'Acqua", "Cos'e Acqua", and "Meccanica dell'Acqua", of which I had to create the last one only, simply because Leonardo himself did not do it. It was only after I was completing my first survey of all the texts and drawings on water that I came to realize that the material for Chapter 1. would require one volume, while the other fourteen chapters would require two, or perhaps three volumes. At this moment, I envision one volume for about half of the fourteen chapters and another volume for the rest.

I know that Leonardo had in mind the Geography of Ptolemy as a model when planning the organization of his Book on Anatomy . I was unable to find any thought of the same kind regarding the book on water. Perhaps he tried and found no model for an area which was in great part an original creation of his mind. I have long ago advanced the thesis that in no other subject was Leonardo as original as he was in dealing with the kinematics and the mechanics of fluids and with the related transport phenomena.

Leonardo, inclined as he was to vast conceptions, could not approach water at another scale than that of the planet. The hydrosphere was the place to start, pausing immediately after to make sure that he could say what water really is. This is why the "Spera dell'acqua" is followed by "Cos'e acqua" in my compilation. In Leonardo's scheme, the ideal interface between the hydrosphere and the atmosphere must necessarily be a sphere; of course, that surface can be disturbed by waves and tides, and also by evaporation and rain. There is in fact a great amount of water in places where naturally it should not be, specially at different altitudes above the spherical boundary between water and air. One must take into account the clouds, the glaciers, the rivers and lakes, all examples of water, in one state or another, which has been displaced away from the sphere it must belong to; usually above sea level. Water, obeying a fundamental law of the physics knowledge received by Leonardo, should for ever strive to return to the sea; any other place being a kind of violation of the natural order.

Within the above view of the world of water, it is easy to see that the sequence from Chapter 1 to 9 is quite logical. Thus Leonardo, after a long chapter on the fundamentals (should I say, the theory?, the hydrodynamics ?) pertaining to water, begins with the sea; and as sea water can penetrate the earth, groundwater (i.e., the "uene") comes in second place (although that water may be found to come from rain and snow also), then, after the "uene"

must come the water running not in the entrails but on the surface of the earth , thus we have the "fiumj" in the fourth chapter. This is a vast topic for Leonardo, in great part because his life elapsed mostly inland with only a few days by the sea. Thus, his book was destined to be dominated by fluvial hydraulics; chapters 4 to 10 belonging essentially to such a subject. In spite of Italy being a narrow peninsula in the Mediterranean sea, the predominance of rivers in the minds of most Italians concerned with hydraulics is perhaps a historical fact over a long period. Thus, two centuries after Leonardo we find another important book on water, Gulielmini's treatise, dealing mainly with fluvial hydraulics.

Chapter 10 belongs to hydraulic engineering and so do chapters 11 to 14 whose subjects are conduits and canals (11 and 12), and machines to move water as well as those moved by water (13 and 14). It is interesting that pumps and turbines have always been machines that challenged science and technology in quite different ways. Only in relatively recent times has one seen that some engineers deal with them with a unified theory and design for both pumps and turbines.

I have said already that I think Chapter 15 does not seem to be in the right place, dealing as it does with the erosive power of water, in general terms most of the time. My advice to any student of this compilation would be to read this chapter following chapter 9.

I have said already that, because in the extant manuscripts of Leonardo, the number of notes on fundamental aspects of hydraulics (i.e., the first chapter) is very large, the final product will entail - I believe- a volume containing chapter I only, and probably two or three volumes for the remaining fourteen chapters. The material for each of those fourteen chapters will be included in this and subsequent IIHR Monographs. The Monographs serve, in this instance, the purpose of my publishing, for a restricted scholarly public, the results of my uninhibited work on the book on water as it is proceeding free of any

pressure from bureaucratic or commercial impositions. These monographs are an exercise in independence of expression of a researcher who has worked under very strict self-imposed rules, free from pressure from bureaucrats and merchants. Let his results stand as they are, let anybody who is qualified find what needs to be improved, but not any person or entity whose knowledge of the subject matter is either hurting, or nonexistent.

I expect, some time in the near future, to be able to organize a final version to be published with good faithful reproductions of the figures. I have used figures of quite different kind and quality because, as this work proceeds, I cannot spend much time preparing good copies of so many original figures. I had to be satisfied with figures of uneven quality that, however, leave no doubt about which their originals are.

As in all the other monographs, while doing the work of compilation, I have been synthesizing at the same time some thoughts which I will include in this introduction; my work of synthesis has been included in a series of publications [starting with Macagno 1982] Thus, the reader will find in this introduction some remarks on aspects of my work which are quite different from the work of most people who have used Leonardo's manuscripts. Very few Leonardists that preceded me have worked on Leonardian Mechanics and Hydraulics the way in which Giacomelli, Uccieli, and Arredi worked [Macagno 1997, 2000, 2002]. And even for those three my work, although inspired in part in their work, is of another kind.

I will provide some information about the way in which I have organized the material of the chapters included in this monograph, and I will comment briefly on some aspects of the notes by Leonardo intended to be part of the "Libro dell'Acqua". For a large number of such notes, I have included specific critical comments.

WHY COMPILING IN THE ORIGINAL LANGUAGE

In this task of putting together the "Libro dell'Acqua", it is inconceivable to me to examine Leonardo's notebooks otherwise than at first hand. Any publication of such a book must be in the exact words, and with faithfully reproduced drawings, of Leonardo. I must add that I have decided not to serve any longer as a translator, as I did under certain pressures when working in the fluid mechanics series. Even more, I feel I should not make the concession to the reader of translating the numerous quotations in this introduction either, because in this phase of my work, only true Leonardo's scholars (who can read his writings directly) are the ones I am really interested in examining my work. There will be, of course, a time to translate, and fortunately I will not be there to suffer with the many distortions translators will inevitably introduce. I know from my own experience that it is almost impossible to translate Leonardo without serious risks of distorting the meaning. So many times the meaning can be grasped only partially. Perhaps, when the book is in a second or third trial, some brilliant student of Leonardo may be able to clarify most of the notes that now are unclear or ambiguous. In the case of Leonardo, the problem is compounded at several levels, because he wrote like no other known writer of his time, and he single-handedly created part of the knowledge recorded in his notes on water, and when he made notes from his readings or conversations with scientists and engineers he introduced almost always distortions or one kind or another. In his notes there are many terms for which it is very difficult to ascertain the meaning each time they are used. A long list of terms of difficult translation could be easily prepared, but a few examples should suffice: "forza", "potentia", "resistentia", "inpeto", "virtu", "strumenti", "viscosita".

In fact, I am concerned not only about translations problems; anthologists are still worse than translators. In some cases not only the text has been changed, drawings have also been modified in different ways. I have illustrated this aspect in the preceding monograph [Macagno 2002, IIHR Mon. 122] Fortunately, if my plan for the publication of the "Libro dell'Acqua" is followed, only good reproductions of the original drawings will be included in the final version. Of course, the danger that people may misinterpret the authentic drawings or, in some cases, disregard completely their message [See p. 22-23. Macagno 2002, IIHR Mon. 122], will always be there; in fact it has always existed. Against that there is not much one can do, unfortunately.

Only after becoming thoroughly familiar with the extant writings and drawings by Leonardo, did I start my work on the compilation of his "Libro dell'Acqua". That was a monumental work that took me three decades. Since my initial studies of Leonardo's notes in the 1960's, I have chosen to work only with the original form of his writings, and drawings. I cannot conceive any other serious form of working in the compilation of the book on water for which Leonardo left so many dispersed notes. Even using transcriptions by such able Leonardists like Augusto Marinoni seems to me as working already with second-hand information. I believe that in other epochs of historical studies, the idea of using translations was generally rejected, but I find now many people who seem to consider ethical to rely on translations for scholarly work. It is precisely at times in which translations seem to be less and less reliable that I see books and papers, some of which I have reviewed, based on translated material. Anybody who desires to have some idea about bad translations only needs to consult the "London Review of Books", e.g., Wood, M., 2005⁷. The classic Italian adage "Traduttore traditore" seems to be increasingly applicable.

Because of some comments I have received about my decision of compiling the "Libro dell'Acqua" in the peculiar form of Italian characteristic of Leonardo, instead of offering, or using a translation, I must say, in first place, that I could not have found enough time to translate and do also all the other work involved. In second place, but more important, were I much younger I would still do the basic effort working with the original writings, and then leave the translation into any language to others to perpetrate. As soon as one translates, distortions creep in (as I know very well from direct experience), and one is actually producing second-hand material. I have found at least another Leonardist who shares my reluctance regarding scholarly work using second-hand material; and I will take the liberty of quoting a sentence from her excellent work on the "Paragone" here, with some added underlining of my own:

"Like all translations, the present one is provisional and can in no way replace the original Italian, but rather it provides access to Leonardo's thought for the English-speaking reader, and a commentary for those who know Leonardo's native tongue." [Farago, 1992].

One further goal, now that I have already gathered all the material for the fifteen chapters and I am working in its publication, is to achieve - if possible - a rational synthetic form of the "Libro dell'Acqua", using always only the original writings and drawings. I would consider any use of translation into any other language to be shamefully unethical for truly

scholarly work. I gladly leave to other scholars to translate if they like to do it, with the hope that they would do it only if they possess the solid background, in general and specialized science and technology, necessary to produce a good version in another language of the "Libro dell'Acqua".

Regarding the work of synthesis, I will quote a sentence from Arturo Uccelli, the compiler of "I libri di meccanica" [Ucelli 1940] because I could not find a better way of expressing myself how much more I value synthesis relative to analysis:


"Bisogna avere il coraggio di affrontare la mole dei manoscritti vinciani e tentare il lavoro di sintesi. . . . Il lavoro di sintesi vinciana non è che agli inizi. E non può certamente essere opera di dubbiosi o di quanti, non avendo il coraggio di correre il rischio delle ipotesi, vanno trincerandosi in ricerche analitiche il più delle volte sterili." (IX-24).

My notion of a synthesis of "Libro dell'Acqua" would basically be a volume in which all repetitious passages are replaced by the one judged to be the optimal one. A similar criterion should be used for figures. When Leonardo adhered, or seemed to adhere, to a theory of his own or from others, and then found a different view (see example below), I would include the whole of such passages in the spirit of including a historical background followed by what seems to be an improvement.

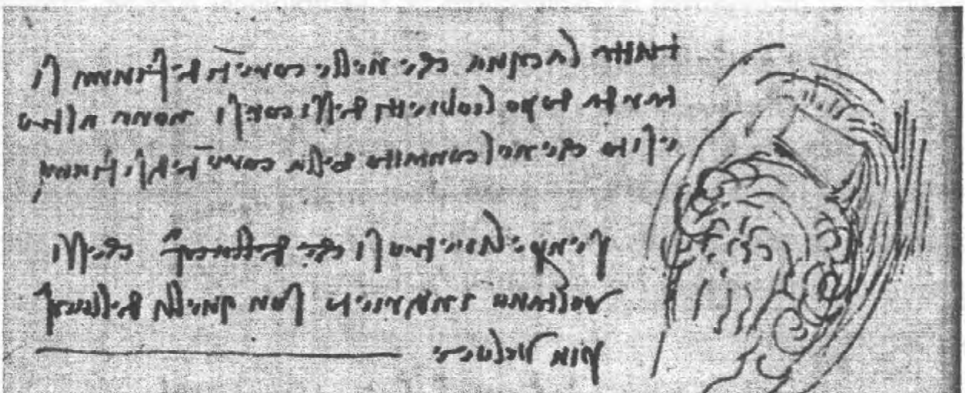

An example of Leonardo's changes of mind occurs in his notes on water circulation in the planet. Leonardo included in his notebooks many passages on theories based on micro- and macro-cosmos. The Earth was thought to be like an organism, like a plant or like an animal. It even was thought it performed respiration !. Whether Leonardo believed in such notions or not, he left other notes which are more realistic, and it seems plausible to assume that he improved his conceptions of a hydrological scheme, towards more correct forms, and that he fully abandoned the old notions.

Another aspect of a synthetic volume would be to collect at the end of each chapter passages which could be assumed to be proposed questions and problems to be solved. This is not an easy thing to do, but "Bisogna aver il coraggio . . .". It must be taken into account that a synthetic volume would be undertaken only after the totality of the notes on water are already in print. It should be clear that it would be the work of a person who is both a hydraulician and a Leonardist. This seems to me a very reasonable requirement. If you

want to compile a book on - for instance - Leonardian mathematics, you should be both a mathematician and a Leonardist. If somebody wants to compile the "Trattato della Pittura", Melzi seems to be the perfect candidate. Who would approve of a "scholar" who does not know anatomy and physiology compiling the book on anatomy ? It is true that this is a condition "sine qua non" ; we must recognize that it is only a necessary condition and not a sufficient one. And again, I know I am speaking from experience, knowing very well how difficult this kind of work is. The possibility of being a second Arconati certainly haunts me all the time. That is why I would always insist in a book consistent only of original text and drawings. To illustrate what I mean, here is an item from a page of my "Libro dell'Acqua IV"(IIHR Mon. 122, p. 204.)

	Flow around prismatic obstacle in a channel.	
Ms F 66R T1 D1	<p>tutta lacqua che nelle corenti de fiumi si tarda dopo li obietti dessi corsi non a altro esito che nel contatto della corente di si fiumj.</p> <p>senpre li retrosi che dell'acqua che ssi voltano in dirieto son quelli dell acqua piu veloce.(T1)</p>	

and next is how I would like to see it in the final form.

	Flow around prismatic obstacle in a channel.. Entrainment of slow water behind the obstacle. Retrograde vortices in fast flowing water.	
Ms F 66R T1 D1		

TREATISES ON HYDRAULICS AFTER LEONARDO

In the course of my long professional life I have studied a number of treatises on engineering hydraulics and hydraulic engineering (which correspond reasonably well to, respectively, Chapter 1 and Chapters 2 to 14). Engineering Hydraulics is a term used to indicate theoretical hydraulics for engineers. During the fifteen years I taught hydraulics in Argentina, I was in charge of two fundamental annual courses for hydraulic engineers. I also taught courses -at a lower theoretical level - for petroleum, mining, and highway engineers in which I took into account the special interests of each branch of engineering. For instance, petroleum engineers were much more interested in pipe flow while the emphasis for highway engineers was obviously on open channel flow. Typical books on Engineering Hydraulics were Domínguez "Hidráulica", Flamant's "Hydraulique", Forchheimer's "Hydraulik", and of course, Rouse's "Engineering Hydraulics".

In my opinion, a book is representative of Hydraulic Engineering if it includes practical chapters on hydraulic structures, machines, devices, instruments. I used a number of such books in my fifth and sixth years as a student of engineering and then as an instructor teaching a course on Hydraulic Machines. Some of such books were thick volumes with some chapters on engineering hydraulics, like Prof. Armin Shoklitsch's "Wasserbau" which I used in the Spanish version, "Arquitectura Hidráulica." Incidentally, many years after, I met the author (who had learned Spanish in the meantime) and he agreed that it was a very poor translation. It was only by the time I was a doctoral candidate in France that I came across hydraulic treatises of the past. In Grenoble, at Neyrpic, Pierre Danel introduced me to his collection of classic books on hydraulics, and I happened to find and buy in Paris a copy of one of those books, the second edition of Guglielmini's "Della natura dei fiumi". Also during that period I received from Prof. Giulio De Marchi, a copy of his small book on Guglielmini. It is now nearly half a century since I read those two books which I have examined again, having Leonardo's "Libro dell Acqua" already compiled, and decided to include in this monograph a view of fluvial hydraulics as seen two centuries after Leonardo. I think it is a very illuminating experience to confront Leonardo's understanding of water science with Guglielmini's. Let me emphasize that my notes regarding Guglielmini's approach, as compared to that of Leonardo, should not be considered as something which would only make

profitable reading for somebody who has carefully studied the related chapters of my compilation of "Libro dell' Acqua".

For instance, one can study Leonardo's hydraulics and conclude that he could not possibly have surmounted some crucial difficulties because what Newton was going to create in the field of mechanics he could not create. Instead, one can discover that Guglielmini, who seems to have known well Newton's "opus magnum", could not imagine how to use it to study neither general hydraulics nor fluvial science. It is interesting that we know how to study basic hydraulics using Newtonian mechanics but have little success when we attempt to use it in river hydraulics [see Leopold 1994].

So it happens that, in this introduction, I decided to confront Leonardo's unfinished "Libro dell'Acqua" with Guglielmini's treatise on fluvial hydraulics. Now that I am familiar with all the material that Leonardo considered for his book, I am well aware that only a partial confrontation of some chapters in Leonardo's book can be used for such a comparison involving the two books. I hope that the reader will take this opportunity to examine the differences and analogies between those two men as hydraulicians, even if it is in a restricted area.

DOMENICO GUGLIELMINI

In 1947 Prof. Giulio de Marchi, wrote an excellent historical essay on Domenico Guglielmini ["Guglielmini" , La Scuola, 1947 Brescia.] of which I have a copy he gave me in 1951 in my first visit to his Institute of Hydraulic Research in Milano. I have reread this little book and it has been invaluable in helping me to assess Guglielmini's treatise. When deemed necessary , I have summarized or quoted some important passages of De Marchi's book.

Domenico Guglielmini was born in Bologna, 27 September 1655. In due time, there he studied medicine and mathematics:

"In Bologna egli compì gli studi universitari e seguì contemporaneamente - cosa che or non sarebbe consentita, ma che allora doveva essere frequente - I corsi di matematica e quelli di medicina." [De Marchi 1947, p.7]

We must take into account that one thing is mathematics today and quite different thing was called mathematics three centuries ago. Thus some pure mathematics was taught of course, but also the fundamentals of disciplines pertaining to physics and technical questions. Thus, for instance, Galileo, Torricelli, and Viviani were mathematicians in Tuscany's court; but their role was that of technical consultants, not true mathematicians. Hence, Guglielmini did not go from a theoretical background into a technical one; he was already there. That, in some of his studies, he made some scientific contributions is also a rather common event in the life of many scholarly figures of the past. In the field of hydraulics, Guglielmini produced two important treatises; one was "De aquarum fluentium mensura" [1690-91] and the other "Della natura dei fiumi" [1697].

I owe to Giulio De Marchi [1947, p.38] a clear description of the way in which treatises on almost any subject were cast some centuries ago, organizing diverse non-mathematical subjects into propositions, with their demonstrations, lemmas, corollaries, etc. "Della natura dei fiumi" makes extensive use of this format and in this, as well as in many other aspects, Guglielmini offers a strong contrast compared with the chaotic notes of Leonardo's notebooks. It is also true that while Leonardo did some clever experiments [Macagno 1991, LHB No. 6], De Marchi said about Guglielmini that he was not really an experimentalist: "Chè sperimentatore nel vero senso della parola il Guglielmini non fu, o por lo meno non appare dai soi scritti." [De Marchi, 1947, p. 67].

Leonardo's great ambition was to mathematize all knowledge he could. In that, he made some inroads in a rather intuitive and empirical way, but he did it to the point that he created aspects of geometry that were novel and good for many applications [Macagno, M. 1995, 1997]. Instead Guglielmini, in the words of De Marchi [1947, p.138]: "Della matematica egli non si vale quasi mai in modo aperto, nemmeno nel trattato 'della misura delle acque fluenti', ove, per il carattere più astrato degli argomenti considerati, essa avrebbe potuto rendere utili servizi . . ". We must not forget that many problems of fluvial hydraulics remain to our days far from being efficiently mathematized. De Marchi describes Guglielmini's treatise as based in fifteen years of experience in hydraulics:

"Il trattato "Della natura dei Fiumi" riassume le costatazioni che il Guglielmini era venuto facendo nel corso di tre lustri di operosa attività professionale sui corsi d'acqua dell'Italia settentrionale, specialmente dei fiumi e torrenti che scendono dal versante settentrionale dell'Appennino e attraversano la pianura Emiliana andando a sfociare in Po o nell'Adriatico".

De Marchi remarked that Guglielmini looked at rivers as entities in continuous evolution, as "assimilabili per qualche riguardo ad entità vivente". This is obviously explained by his being a physician. A river is, I believe, even more complicated than some physiological systems. Having investigated myself the fluid mechanics of the small intestine, it seems to me that the mechanics of digestive tract is more amenable to analysis than river meandering. Of the fundamental Guglielmini's notion of a fluvial system in dynamic equilibrium, De Marchi wisely remarked:

"Secondo le idee del Guglielmini, la configurazione che presenta l'alveo di ogni corso d'acqua è il risultato di due azioni opposte: l'azione erosiva dovuta alle acque in moto, che asportano materiale del fondo e dalle sponde e lo spostano verso valle, riducendone progressivamente le dimensioni da blocchi a ciottoli, ad arena e infine a limo, e la resistenza che alveo e sponde oppongono all'erosione. Il corso d'acqua è stabilito cioè l'alveo suo assume una configurazione praticamente stabile quando fra le due azioni si determina una sorta di equilibrio." [De Marchi 1947, p. 69].

Guglielmini died on 12th July 1710, Death interrupted the writing of the second volume of his treatise. He was buried in the church of San Massimo in Padova:

"La salma fu deposta nella chiesa di S. Massimo, in Padova. Il suo riposo fu violentamente rubato, lo scorso anno { 1944 }, da quattro bombe che provocarono il crollo dell'abside della Chiesa." [p. 25].

EUSTACHIO MANFREDI

Another aspect that I found very helpful in studying Guglielmini's fluvial hydraulics is that the second edition of his treatise was rather profusely annotated by Eustachio Manfredi. This is useful in many ways, not the least of which is that Manfredi's comments were many times a relief of the pressure imposed by Guglielmini's format and style.

Manfredi was a disciple of Guglielmini and his successor as "superintendent of the waters" in Bologna. [De Marchi, 1947, p. 12]. I think that Manfredi made a very generous contribution. I also did something of the same kind when I provided detailed help to the improvement of a book by a friend and thus can really appreciate Manfredi's act of true friendship. Manfredi notes that Guglielmini's book contains two parts, and two sciences: "una intorno alle acque e l'altra intorno agli alvei de' fiumi". Manfredi adds: "Della prima non intendo io di attribuire merito sì speciale al nostro Autore , che venga a scemarsene al preggio d'alcun altro"

Benedetto Castelli and others (among those others, Manfredi does mention Torricelli and Mariotte) preceded Guglielmini in pointing at the importance of considering the velocity distribution of the water flowing in any river (p. II). Guglielmini assumed that the vertical velocity distribution should be like that of jets (at the same depth) coming out horizontally from a tank. Manfredi notes that Guglielmini thought that diverse corrections were needed to represent the actual velocity distributions. Since the Annotations are from 1739, Manfredi could mention more recent contributions (and perhaps much in his annotations is influenced by such contributions) . He refers to Varignon, Neuton (sic), J. Bernulli (sic), Poleni, Pitot , Grandi "ed altri gran uomini " who have enriched the knowledge on the motion of water [Manfredi's Preface to Guglielmini's book, ii].

Regarding the second part, Manfredi enumerates the main errors still prevailing until Guglielmini brought "La riforma dunque di tali dottrine, e lo stabilimento di una nuova scienza". Manfredi recognizes that there were some precedents in such a direction in writings of Galileo (letter on the river Bisenzio), Barattieri, Michelini, Viviani, Cassini (on the river Reno). (Manfredi, p. iv). Manfredi states that Guglielmini, although knowing how complex fluvial hydraulics is, recognized that the basic principles governing fluvial phenomena were to be " la forza dell'acqua e la resistenza di quella materia la quale compone il letto".(p.iv).

LEONARDIAN NOTES IN THIS MONOGRAPH

This monograph contains the following chapters of the "Libro dell'Acqua" of Leonardo da Vinci:

2. Dell mare
3. Delle uene
4. De fiumj
5. Delle nature de fondi
6. Delli obietti

DELL MARE

Once I collected all the notes which in my judgment should be assigned to Chapter 2, I ordered them as belonging to different topics. After some refinements, the sections for Chapter 2 turned out to be the following:

Prefatory Remarks, Geological Times, Geography, Geophysical Aspects, Cycle of Water, Storms, Tides, Flux And Reflux, Wave Motion, Tides, Rivers, Pools and the Sea, Transport Phenomena, Navigation, Ports.

This is the organization for Chapter 2, which is of course entirely my responsibility. One thing must be taken into account; i.e., that one passage alone on a very well defined subject would result in one of the above topics being included. For instance, I found only two passages about Pools; because they cannot be included in any of the other entries in the list, a section resulted.

I am not sure yet about showing my subdivisions of chapters in the final version of the "Libro dell'Acqua" because I believe that such version should contain only a minimum of visible intrusions which unavoidably reflect how hydraulics and its applications are seen half a millennium after Leonardo's writing of the assembled notes. If somebody who knows enough of hydraulics and its history ever studies carefully my version of the "Libro dell' Acqua", he or she would see how much intrusion was perpetrated in assigning different

passages to the fifteen chapters Leonardo envisioned, and in ordering internally each chapter as I did. But that is a price that Leonardo and us have to pay because he did not do his work as an author as others in his time - and before - did. Perhaps the sections of the chapter should be included but identified by numbers only, and in my volume of comments and synthesis the clue could be given.

In Ms E 12 R T1, under the title "Ordine del primo libro delle acque", Leonardo gave what in fact applies mainly to part of his Chapter 2:

"Difinisci prima che cosa e altezza e bassezza anzi come son situati li elementi l un dentro all altro. Di poi che cosa e gravita densa e che e gravita liquida ma prima che cosa e in se gravita e levita. Di poi descrivi perche laqua si move e perche termina il moto suo poi perche si fa piu tarda o veloce. Oltre a di questo com ella sempre discende essendo in confine d aria piu bassa di lei. E come lacqua si leva in aria mediante il calora del sole e poi ricade in pioggia. Ancora perche l acqua surge delle cime de monti. E se lacqua di nessuna vena piu alta che l Oceano mare puo versare acqua piu alta che la superficie d esso Oceano. E come tutta l acqua che torna all Oceano e piu alta della spera dell acqua e come l acqua delli mari equinoziali e piu alta che le acque settentrionali ed e piu alta sotto il corpo del sole chei n nessuna parte del circolo equinoziale. Come si sperimenta sotto il calore dello stizzo infocato l acqua che mediante tale stizzo bolle e lacqua circostante al centro di tal bollore sempre discende con onda circolare e come l acque settentrionali son piu basse che li altri mari e tanto piu quanto esse son piu fredde insin che si convertano in diaccio."

We do not possess all the documents left by Leonardo, but in view of his being quite repetitive, I doubt that if by a miracle they would be all found (as were the Codices Madrid, for instance), we would have a much better compilation of the book on water. Perhaps we would find a few more fragments and confused or confusing passages as the following (from CA 201R-V) concerning his plans for the book on water:

"Del tomolo de liti marittimj.

In quantj modi si po generare il frusso e refrusso infra lisle del mare e de fiumj.

Della salsedine del mare e donde nassca.

Delle cose tolte e delle chose gittata dal mare alla sua riu.

Del rienpimento de porti marinj.

Provasi doue il mare a llascato il suo fondo scoperto all aria.

Delli retrosi del mare.

Delle gran uarieta del refrusso del mare."

I think that Leonardo wants to situate the sea, within the different levels of the elements in this planet where water belongs in accord with his received knowledge, between the air and earth spheres. He recognizes though that the reality is not static but dynamic; for instance, the ascending motion in the air sphere of the water evaporated by heat from the Sun, and its return through rain. He also wants to include the reasons for water from springs to emerge

in the mountains, and the effects of heat on the sea currents. But there he stops; nowhere in the extant documents could I find the continuation of topics listed in Ms E 12R:

" E come lacqua si leva in aria mediante il calora del sole e poi ricade in pioggia.

... e come l'acqua delli mari equinoziali e piu alta che le acque settentrionali ed e piu alta sotto il corpo del sole chei n nessuna parte del circulo equinoziale "

My list above of topics for Chapter 2, reflecting all the available notes by Leonardo, shows how much about the sea he wanted to include. Unfortunately, it is typical of Leonardo to be content with producing mostly disorderly, fragmented, documents. In spite of that there are many valuable ideas and because of them, I have never wanted to give up my work on his book on water. I believe that whoever examines all the notes on the seas that I have compiled will agree that they contain an enormous amount of notions which Leonardo was working on for a long time. To me it is evident that he evolved towards a predominantly dynamic view of the water sphere including not only the flow phenomena but also the transport phenomena associated with all kinds of flows, be them currents, waves or vortices.

DELLE UENE

I have found Chapter 3 less satisfactory than Chapter 2, and it must be because exploration by Leonardo of groundwater phenomena would have required technically advanced means and instruments, none available to Leonardo. Be as it may, I think that this is still a remarkable chapter. After having collected all the passages which appeared to me as belonging to the subject of groundwater, I worked on its classification and came up with the following sections for Chapter 3:

Analogy of veins of animals and veins of Earth. Other analogies. Infiltration of water into the Earth. Veins of the Earth. Caverns. Hydraulics of groundwater. Thermal Groundwater and the rivers. Erosion by groundwater flow. Groundwater hydraulic engineering.

For chapter 3, I could not find planning or prefatory notes like those for Chapter 2. I think that in the case of water in the entrails of the Earth, received knowledge dominated more Leonardo's mind than for the sea or river water. There are too many passages (specially

those of the Codex Leicester) like the following one, that make me think to what extent did really Leonardo changed radically his views about groundwater dynamics,
 ". . . . adunque potren dire la terra avere anima vegetativa e che la sua carne sia la terra li sua ossi sieno li ordini delle collegazione de sassi di che compongano le montagne il suo tenerume sono li tufi il suo sangue sono le *vene dell'acque* il lago del sangue che sta di torno al core e il mare oceano il suo alitare e l'cresecere e discredere del sangue pelli polsi e cosi nella terra e il frusso e refrusso del mare e l'caldo dell'anima del mondo e il foco ch'e Binfuso per la terra e la residenza dell'anima vegetativa sono li fochi che per diversi lochi della terra spirano in bagni e in mniniere di zolfi e in vulcano e Mongibello di Cicilia e altri lochi assai" (CL 34R, 1-11).

It is very often not clear to what extent and with what conviction did Leonardo come to reject old notions and adopted new ones. There are too many passages enouncing old ideas about groundwater. It is true that he developed what I like to call "Keynesian views" regarding analogies [Macagno 1986, Brescia]. Let me quote one more passage, the one in Ms H 77R:

"Lacqua che surgie nei montj e il sangue che tiene viva essa montagnja e forata in esa o per traverso essa vena la natura aivtatrice de sua vivi sendo abundante nell'avmento di volere vincere il mancamento del uersato omore quivi con curioso soccorso abonda a simjlitudine deloco percoso nell'omo e si uede per lo soccorso fato multiplicare il sangue sotto alla pelle i modo di sgonfiamento[#] per soperire al loco infecto simjlmente la ujte sendo tagliata nell'alta stremjta manda la natura dall'infime radicj all'alteza soma del loco tagliato il suo omore e cquello essendo versato ... essa nonlabandona di ujtale omore insino al fine della sua vita" T1. {[#]Did Leonardo mean "gonfiamento" ?}

I have read again the excellent lecture Prof. Martin Kemp gave in Milano in 1982 and although I am less optimistic than he was regarding the final understanding Leonardo had about the dynamics of the part of the water sphere which is under ground, I recommend his paper to anyone interested in a serious analysis of the subject [Kemp 1982]. However, to balance the opinion one may thus generate about Leonardo's Chapter 3, I think that my paper of that time may serve to sober any optimism about Leonardo fully overcoming the influence of received wisdom about matters relating to hydraulics and hydrology [Macagno 1982, Milano]. My conclusion is that he surely made some remarkable inroads in matters relating to fluid dynamics and related transport phenomena but, keeping busy too many projects about writing treatises surely worked against making firm progress in creating new or improved knowledge.

A few passages reveal that Leonardo could have created new knowledge which could be very useful in the understanding of groundwater flow and transport phenomena. As an example of studies that would have surely led Leonardo to a series of discoveries

concerning groundwater dynamics, I can cite his experiments (real or "gedanken", it does not matter) or his observations of experimental situations in natural or man-made water phenomena, I can mention precisely those in Codex Leicester. Unfortunately, there are too many notes on received wisdom about this subject in that Codex and too few experiments, too scanty references to the great principles of conservation into which Leonardo was making great inroads only a few years before working in the notebook we call Codex Leicester. It seems that writing treatises conspires against creative research/

At this moment of my work on the "Libro dell'Acqua", I feel that Chapter 3 is somewhat disappointing. I expected more from Leonardo as a fluidmechanician and a hydraulician. Maybe Kemp felt better because he is in the humanities (I believe) and thus less demanding regarding science and technology that I am bound to be. Perhaps when all the chapters are equally examined, I may change my opinion.

DE FIUMI

Rivers is the subject of Chapter 4. Surely, as consequence of the geographic environments in which most of Leonardo's life transpired, this is the most extensive chapter of "Libro dell'acqua". In fact, many of the notes are just memos about what subjects must be included, or what propositions should be proved to be correct, or what questions should be answered; all that, unfortunately, without any apparent system in mind. The names of the sections for Chapter 4 I generated, after several trials, are:

Hydrology. Hydrographic descriptions. Fluvial hydraulics. Flow in rivers. Local features of flow. Objects in the river. Water falls, Waves in rivers, Floods, River channels, Meandering rivers, Confluences of rivers. Branching of rivers. Islands. Transport processes. Rivers as morphogenic agents.

As in the case of the two previous chapters, I was unable to find in Leonardo's notebooks any systematic terminology of his own that could be used for all sections of this chapter. I do not like the idea of compiling the treatise of water and inserting a modern terminology in English. I would not do it in Italian either, lest some careless future worker attributes them to Leonardo.

For some topics, Leonardo made lists of terms. In Ms I 72R T4 and Ms I 71V T1 there are many terms which one may call fluvial terms. Here are some of them:

"risaltatione. circulatione. ravoltamento. ragiramento. risaltamento. somergimento.
cavamento. percussione consumamento. discienso. revolutione. surgimento.
inpetuita ruinamento. "


The distinguished Leonardist, Ravaisson-Mollien, in his work on the Paris notebooks, about a century ago, left all these terms in the original language instead of translating them. Yielding to certain pressures, I happen to have offered English versions of them [Macagno 1989, Ms I], but I believe now that scholarly work on Leonardo manuscripts will always be fraught with errors if done with translations. Anyway, I took into account that water flow was prevalent in Leonardo's mind, and that 'vementia', 'furiosita', 'impetuosità', 'ricalcitazione', etc. were not to be interpreted in other ways than meaning some properties of fluid flow and transport phenomena. To understand Leonardo the hydraulician, we should not forget that it is common even today to speak of "menacing or treacherous waters", or of "dead water", or "dead wind". It is interesting to consult the Webster on the meaning of "dead water", also called "eddy water" !. I thought that perhaps it should have been called "deadly water" rather than "dead water". It is interesting that the Spanish "aguas muertas" is much closer to Leonardo's 'acque morte' than the English "dead water." An example of Leonardo's use of "acque morte" occurs in the Ms I : " Lago e quello doue lacque de fiumj pigliano gran largeze paduli sono acque morte (72V T3)".

I believe some of the definitions of terms by Leonardo in the Ms I are worth being quoted. The passage bears the title " Principio dell libro dell acque" which is at odds with the list of fifteen chapters in the Codex Leicester, but the point here is that perhaps Leonardo - given enough time - would have defined all the technical terms in his book. Let us see first the definitions of river and torrent, and canals and some of its details:

"fiume e quello che possiede il sito della piv bassa parte delle vallj e corre continuamente torrente e quello che corre sol per le piogge e acora luj si riduce nelle basseze delle vallj e saccompagnja co fiumj canale si dice alle acque regolate infra argine per umano aiuto fontj e detto ai nasscimenti de fiumj argine e quella con sua subta alteza contrasta allo allargamento de fiumj e canalj e torrentj ripa fia piv alta che largine riva fia piv bassa che largine spiaggia sia nel ultima basseza de lochi che ttermjnano cho laque. (72V T2).

Professor Martin Kemp has expressed very well the mixing of frustration and admiration that Leonardo may elicit in many cases. Kemp notes something one tends to forget quite often : "All his surviving writings, to a greater or lesser degree represent 'work in progress',

rather than definitive formulations" " [Kemp 1982, p. 27]. In many instances I have been overwhelmed by how his mind could seem to embrace with a profound understanding many phenomena while leaving me in fact only with well formulated questions to be answered, eventually. Let me add, however, that some of Leonardo's questions reveal a knowledge of fluvial phenomena that is far from superficial. Here is an example among many on the same question in his notebooks:

<p>4 Ms I 71R T1D1</p>	<p>" qui nasscie i bollorj over risaltameti dacqa in mezzo de superiori retrosi e . . ." "Bollori over risaltamenti" at water fall. Origin of vortices.</p>
<p>qui nasscie i bollorj over risaltameti dacqa in mezzo de superiori retrosi e ssi domande se l moto de ritrosi nasscie per correre in verso la percussione dell acqua ch e piv bassa che in alcun altra vicina parte overo che lo sspingere dell acqua corente nel mezo della largeza della superfitie sia quella che percotendo nell altre acque le alzi e ffacia tale colle chell altra acqua poj tornj in verso lentarata sua nel pelago overo sell acqua percossa dall altra acqua corente e premvta scizi e risalti nel loco donde la corente. (T1)</p>	

DELLE NATURE DE FONDI

Chapter 5 deals with the different kinds of river channels. In CL 17V, 27, Leonardo adds "and with the way water flows in such channels". In CA 201R-V, he left a list of specific topics for this chapter; it only partially corresponds to the notes I actually found in the extant notebooks, as can be seen by comparing such list with my list of topics based on all the notes I found that relate to river channels. Let me reproduce first Leonardo's list:

- "1. Delli uari scontri delle correnti e lor uari fondi che ssi generano.
- 1. Differentia de fondi di que fiumj che ano gran declinationj e chadute a cqueli che coran per pianura con dolce e tardo moto.
- 1. Come si uaria il fondo del acqua che va e riuene come londa che percote le spiage al fondo dell acqua che sol ua per un verso.
- Delle mvtationi del fundo de fiumj mentre procede li lor diluuj.
- Mutatione de fondi de fiumj dopo li lor diluuj. doue CA 201R

Da cognoscere da lontano li fondi defiumj correnti. 9 m
 Del (c)ognoscer che ffano i condottieri delle scae il magor fondo del fiume standone remotj. 8 m
 Delle uarieta de fondi fattj da piv varie corentj.
 1. De fondi fatti da una sola corente.
 Perche vn medesimo corso dacqua va variando jl fondo del fiumie.
 De fondi che attragano a sse le acque de fiumj.
 De fondi che ssacano le acque de fiumj e llj pieghano in altri siti."This is in fact a list of single specific questions. I have subdivided the chapters in sections.

In the case of Chapter 5, the sections are as follows:

Proemial Notes. Dynamics of "fondi", general, current, waves, vortices. Straight rivers. Meandering rivers. Local conditions. Floods. Encounters of rivers.

The two above lists can only be confronted in the sense of what item in Leonardo's list would fall into one or another of my sections. For instance, the first item would go to the last section; the fourth item to the next to the last section.

Although I think that there is no substitute for any person interested in the book on water than to read attentively the different chapters, I still would like to refer to some of the aspects that strike me as interesting. I believe that Leonardo was aware of the great difficulty that fluvial hydraulics presents to any student; this resides in the fact that a river is a system in which, at a certain moment, the water flow appears to happen as if the channel were fixed, but in fact such water flow is eroding in one place and depositing in another. The flow exerts a morphogenic action on the channel, and the flow is determined apparently by the shape of the channel. There is a coupling of phenomena that has left many a student of fluvial dynamics wondering what is the cause and what is the effect. Several passages reflect Leonardo's knowledge of this problem (see, in addition, Ms I 70V, CL 24V, 23-31, CL 33R, 1-15, CAR 128V, D1). In Ms I, 70V, D1, To quote a couple of instances, Leonardo wrote: "doue l acqua si fa veloce il suo inpeto no lascia conoscere i casi de vari fondi ". And in Cl 33. 1-18:

"La varieta de siti e delle velocita dell acque dentro alla sua fiumi e causata dalla verieta dell obliquita del fondo. La varieta dell obliquita de fondi de fiumi e fatta dalla varieta della velocita de corsi d acqua."

DELLI OBBIETTI

Chapter 6 is devoted to the effects of different objects implanted in a water current or stream. They usually result in more or less local phenomena. Theoretically, some perturbations at a point along a river may propagate to infinity upstream or downstream; however, in practice, they affect sensibly only finite distances. The study of the changes induced locally by an object is - I would say - an order of magnitude, if not more, simpler than the problem of fluvial hydraulics in Chapter 4, and 5. That is why engineers can successfully build a dam and a reservoir, control the flow, produce energy, distribute water correctly for irrigation, etc. Of course, another matter is to predict and control correctly other effects, like the hydrological and ecological consequences of a dam or other structures.

In the words of Leonardo, the sentence "La scienza di questi obbietti e di grande utilita perche essa insegna piegare li fiumi e schifare le ruine de lochi da loro percossi" (CL15V, 58-59) can serve as an introduction to Chapter 6. One should also examine the drawings on folio CV15V as well as those in CL 25V, 16V, 22R, 28V, 24V, 13R, 24R, 17R, 14R. This is the order in which they have ended up in my edition of Chapter 6. Most drawings of Leonardo on the flow around objects are notable because they seem to represent observations in experimental situations. Years ago I undertook the repetition of a number of experiments (in Iowa and in Karlsruhe) of flow and transport phenomena around objects, reported by Leonardo in his notebooks. In general, I found a good coincidence, qualitatively speaking; not knowing the scale and the rate of flow in each case made any quantitative comparison impossible. Anyway, I was persuaded beyond doubt that Leonardo did, at least, some of the experiments, while also registering his observations in natural or man-made situations he found around. For some examples of my experiments see my contribution to the book "Hydraulics and Hydraulic Research, a Historical Review", Balkema, Rotterdam, 1987.

Chapter 6 is not the only one in which Leonardo deals with flow and transport phenomena around bodies of a great variety of shapes and orientations. Chapter 9 deals with things that are set in motion in water (either in motion or stagnant), Chapter 13 deals with devices moved by flowing water (like wheels and turbines), and Chapter 14 with devices to raise water from one level to another. Regarding the dynamic effects of water flow on objects, in CA 214bR, Leonardo included a list of topics he wanted to be part of a "Libro delle

perchusione delle acque in diverse obietti" . One of the topics is " Scontri dell'acque nelli obbietti che cedano co' moto circhulare come sono le rote de ~~molinj e ssimilj~~ dellj strumentj aquaticj ." Although he cancelled "molinj e ssimilj", I believe in keeping the phrase because it is rather revealing. Some of the items in CA214b R-V, and in 201R-V and CL seem to indicate that Leonardo included as "obbietti" also bodies of water; for example a jet falling into a pool is a case of impact of water by water (see RL 12660, 12661, 12662) , in a way similar to a stone dropped into a lake. Jets impacting water produce a large variety of patterns, as I was able to see observing many fountains in Europe, and also in my experiments at the Karlsruhe Hydraulic Laboratory (see p. X-6, XI-4, XI-16, XI-18, XI-22, XI-25, in my IIHR ON. # 116. [Macagno 1998])

My organization of Chapter 6 includes the following sections:

Proemial Notes. General Considerations. Flow Around Objects, in Currents, in Vortices and Waves. Transport Around Fixed Objects. Floating and Mobile Objects. Rheograms introduced by Leonardo.

The last section, on rheograms [see meaning of the term in Macagno 1984/5] , is based on drawings which some have considered as belonging to artistic rather than scientific intentions, but I believe that Leonardo perhaps would have thought that they were not out of place in his "Libro dell'Acqua". As examples of rheograms, some details of the so-called Deluge Series, which Leonardo used to represent different kinds of currents and vortices. could also be included. From this point of view, van Gogh's "Starry Night" is full of rheograms.

CONCLUSION

I believe, after many years of work on Leonardo's notes and drawings related to the mechanics of fluids in general, and more recently specifically on water, that from a historical point of view the compilation of the "Libro dell'Acqua" in the same fifteen chapters he listed in the Codex Leicester will be useful in several ways. I grant that we are like those looking at the reflection of a building into the surface of a complex wavy water. (Monet's depiction of the Palazzo Ducale comes to mind). I hope this may be improved by further study, a task I have the hope some future Leonardists will undertake in the centuries to come. After all, the gathering of the "Libro dell'Acqua" has only seen a couple of important efforts in five centuries, Arconati's and mine. I know that something similar, with a somewhat larger number of workers, has been the case for the "Trattato della Pittura". I am sure there will be more treatises on painting in the future, a distant one perhaps, and also some treatises on water. Maybe, two in another five centuries.

Even in the form that Arconati did it, the compilation was used - and misused - by some historians. Now, I know very well a more inclusive compilation is made available, and my hope is that it entices more historians of internal history than those concerned with the external narrative history of hydraulics and water science. I think that my work needs to be brought to a higher level of achievement by an intense analytical study followed by a work of synthesis. Thus, one should reach a point in which a book emerges that is less voluminous and more coherent; I do not mean in any way that corrections of substance should be introduced but I know very well that there are many repetitions and there are passages that are too bad to be saved, because of incongruency, or fatal incompleteness. Of course, passages that Leonardo wrote well but in which his ideas or results were wrong should not be touched. It must be perfectly clear that I have collected all passages that touched on water, even those that I thought were hopelessly incoherent. I aimed at collecting every passage touching on water; if some are missing, it is my fault. I thought that nothing should be left out in a first effort to compile the material relating, even tangentially, to each of the 15 chapters.

I am planning to start some work as editor of the critico-synthetical form of the book (always in the original language), but I may not be able to do much. Anyway, I think I will be aiming at starting a book somewhat in the way that Prof. Martin Kemp adopted for the book on painting. There is however, I know it very well, a fundamental difference in that for most of the topics in the book on water there is an objective scientific possibility of deciding now (at the inception of the 21st century) whether Leonardo was mistaken or not when making his statements. For instance, if Leonardo states in a passage that a pump can drive a water wheel which in turn can drive the pump forever, he is deadly wrong. If he says, in another passage, that two jets may osculate and then separate limply, he is right; I know it, because I performed experiments to be able to tell right from wrong in that and in many other cases [Macagno 1982. See also p. i-ii in this Monograph.]. Nothing like this can be said, or done, for really artistic matters. Had Leonardo said that women should always be painted with eyes semi-closed . . . or anything like that . . . it would be silly to establish whether he was right or wrong.

To convey an idea on how I see Leonardo, after all my work on his fluid-mechanical notes, I must refer to some aspects of my professional life. My years as a student of hydraulic engineering, in the early thirties, were divided into three phases. In 1930, I began the first phase, consisting of math and science courses. In 1933, I began the second phase which included mainly engineering-science courses. It was then that, for the first time some of my teachers were engineers by profession. And it was then also that I realized that my notions about engineering were naive. In 1935, I started the third cycle in which we would deal with many of the technical problems a hydraulic engineer should be able to handle. Then, those teachers of 1933-34 started to look to me as some kind of theoretical engineers. I remember that in 1935 I was asked to try to design a river erosion-protection system by a teacher who had himself designed and built river control systems, and then in 1936, to design a small water supply and sewage disposal system by a teacher who supervised the big projects of the corresponding national agency (Obras Sanitarias de la Nación). I know that we, students, could only do poor jobs, but we had teachers with know-how solid enough to tell us frankly how bad our design was because they were doers, and as doers they had learned how to do the right thing. What I realized in 1935-6, was that I was not a design engineer. I have, anyway, designed a few things in my life and saw them constructed and working. The rest has been the life of a research engineer. I believe my experience has helped me understand important aspects of the engineer in Leonardo da Vinci, and I have come to conclude , in fact, he was one of the first research-engineers in history.

After graduation, I had the opportunity of my life which was in fact to become a research engineer (a species unknown in my country at that time) and never to be really a doer-engineer. This is very important because it is at the root of my understanding of Leonardo as much closer to a research engineer than closer to those engineers (specially in Milano, perhaps in Venezia) from whom he learnt many practical aspects of water science. I believe that many of his notes and drawings about practical aspects of water science are notes of things he saw or was told about. Example, those different kinds of hydraulic gates, that abound in Leonardo's notebooks. I think that Leonardo was misled by his ambition to write a treatise including Hydraulic Engineering; he was much better prepared for a book on Hydraulics, theoretical and experimental. Having formulated so well the conservation of volume, and hinted other conservation principles, and having performed and conceived remarkable fluid mechanical experiments, he was surely ready for the less ambitious task.

..

BIBLIOGRAPHY

ARREDI, F. 1932. Avviamento alla critica del Trattato "Del moto e misura dell'acqua" di Leonardo da Vinci. Annali dei Lavori Pubblici, Anno 1932, Fasc. 9. Roma.

Arredi refers here to a kind of anthological work which should not be called a treatise. It was printed for the first time in 1826 in Bologna as part of Raccolta d'autori italiani che trattano del moto dell'acqua. Almost hundred years later it was published as a separate volume. [Carusi and Favaro 1923].

CALVI, G. 1925. I manoscritti di Leonardo da Vinci dal punto di vista cronologico storico e biografico. Bramante Editrice. (Ristampa 1982).

DE MARCHI, G. 1929. Idraulica. Basi scientifiche e applicazioni tecniche. Ulrico Hoepli, Milano.

De Marchi wrote one of best books of the 20th century on basic hydraulics. The promised volume on "applicazioni tecniche", however, was never published. Because I am familiar with all the papers de Marchi published, I think that had he completed his treatise - one could have found an interesting parallel for Leonardo's "Libro dell'Acqua".

FARAGO, C. J. 1992. Leonardo da Vinci's Paragone. A Critical Interpretation of the Text in the Codex Urbinas. E. J. Brill, Leiden, New York.

I consider interesting to quote a statement from p. 169: "Like all translations, the present one is provisional and can in no way replace the original Italian, but rather it provides access to Leonardo's thought for the English-speaking reader, and a commentary for those who know Leonardo's native tongue."

GIACOMELLI, R. 1936. Gli scritti di Leonardo da Vinci sul volo. G. Bardi, Roma.

Together with Arredi's, Giacomelli's approach to Leonardo's work is always a model for my work. There is nothing that can replace the direct reading of the documentation instead of depending on translations.

GOMBRICH, E. 1969. The Form of Movement in Water and Air. In Leonardo's Legacy. An International Symposium, Ed. C. D. O'Malley, University of California Press, Berkeley and Los Angeles.

p.. 171 "An apology may be needed for an art historian proposing to approach, however tentatively, a subject that extends so far into the history of science as the one I have rashly undertaken to discuss"

In fact, Gombrich might have been more justified than he thought in his undertaking, although before him, the ones who undertook such a study successfully were engineers (Giacomelli and Arredi) and versed in aerodynamics and hydraulics. However, an analyst of art like Gombrich, who understood science in general, was certainly more apt to the task than historians of science without training in aero- and hydromechanics. His paper is excellent. See, e.g., p. 172, where

Gombrich is right in saying of Leonardo that fluid mechanics "concerned him as an engineer, as a physicist, as a cosmologist and as a painter. . . ."

JACOBS, Jane 2001. Charles Dickens, Seer. The New York Review of Books. vol./ XLVIII, Number 12, 19 July, 2001.

In many writings of mine the gap famously described by C.P. Snow shows one way or another. Jane Jacobs does not share my opinion about the cultural gap being very old. See p.30. "What alarmed Dickens was the divorce that he sensed was occurring between science and the realms of imagination, poetry, myth, and legend. Again he was ahead of his time in observing that split. He was identifying in its infancy the mutual alienation of science and humanities, the alienation that C. P. Snow, for one, would deplore a century later . . ." In fact, I believe the gap existed as soon as somebody did some serious work in science !

KEMP, M 1982. La crisi del sapere tradizionale nell'ultimo Leonardo. Scientia, special volume. Milano, Italia. (p. 42-52.).

For anybody interested seriously in Leonardo this article makes very good reading. Let me quote the first sentence: "La posizione di Leonardo nella scienza si è rivelata molto più difficile da definire che non la sua collocazione nella storia dell'arte."

KEMP, M. and M. WALKER 1989. Leonardo on Painting. An anthology of writings by Leonardo da Vinci with a selection of documents relating to his career as an artist. Yale U.P., New Haven and London.

LEONARDO DA VINCI. Trattato della Pittura - Codex Urbinas Latinus 1270. Transl. by A. Phillip McMahon, Introd. by Ludwig Heydenreich. Princeton U.P. 1956

"Now, have you never thought about how poets compose their verse? They do not trouble to trace beautiful letters nor do they mind crossing out several lines so as to make them better. So painter, rough out the arrangement of the limbs of your figures to attend to the movements appropriate to the mental state of the creatures that make out your picture rather than to the beauty and perfection of their parts". This passage may explain why many notes are not more than rather rough drafts.

LEONARDO DA VINCI. Il Codice Atlantico. Publ. by Commissione Vinciana. Giunti Barbèra, Firenze, Italy, 1975-80. See comments by Marinoni in the 12 volumes containing the transcriptions.

LEOPOLD, L. B. 1994, A View of the River. Harvard U.P., Cambridge, Massachusetts.

Five centuries of science progress, one may say, separate Leonardo from Leopold. In his Preface, Leopold third sentence is ' "There is no theory of river action and behavior to guide river improvement" '. On the same page, Leopold enounces some caveats about a hypothesis he want to advance, and then tells about it: "River form and action are determined by physical laws that do not dictate one and only one solution . . .". This is a book that I have read with great interest, and I recommend to anybody who wants to study Leonardo as a fluvial engineer.

MACAGNO, E. 1975-85. Internal Reports of the Institut für Hydromechanik Universität Karlsruhe. Karlsruhe, West Germany.

These Internal Reports contain descriptions of my work at the fluids laboratory of the Karlsruhe Hydromechanics Institute, using the laboratory methodology first developed in Iowa. Most of the material in these reports has been included in some of the publications listed below.

MACAGNO, E. 1982. La meccanica dei fluidi nei Codici di Madrid, Scientia, special volume. Milano, Italia. (p. 333-396).

The development of the laboratory methodology to study Leonardian fluid mechanics was first described in this publication.

MACAGNO, E. 1984/5. La rappresentazione del "flusso" prima e dopo Leonardo. Tracce, Immagini, Numeri. AST, Roma.

The notion of rheogram is introduced and illustrated in two tables for waves and vortices

MACAGNO, E. 1985a. Hidrostática Vinciana en el Códice Hammer. Anales de la Universidad de Chile, Quinta serie, No. 8.

MACAGNO, E. 1985b. Leonardo's Methodology in his Fluid Mechanical Investigations, Proceedings International Symposium on Modeling and Turbulence, Paper K3, IIHR, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

MACAGNO, E. 1985c Leonardo da Vinci as Scientist and Engineer, IAHR History of Hydraulics Symposium, Berlin, April 1985.

In this paper, a number of experiments are reported which were performed as an application of the laboratory methodology in the analysis of documents, developed by the author from 1965 to 1980, at the Iowa Institute of Hydraulic Research first, and then at the Institut für Hydromechanik Universität Karlsruhe.

MACAGNO, E. 1986a. What has not been explored in the Codex Hammer, Invited Lecture, Symposium Leonardo in a new Perspective. Spencer Museum of Art, The University of Kansas, Lawrence, March 22, 1986.

MACAGNO, E. 1986b. Leonardian Fluid Mechanics in the Codex Atlanticus, IIHR Monograph No. 100, The University of Iowa, Iowa City, IA, USA.

MACAGNO, E. 1986c. Analogies in Leonardian Studies of Flow Phenomena, Studi Vinciani, volume honoring N. de Toni Centro Ricerche Leonardiane, Brescia, Italy.

Analogies are studied historically, bringing them under the light of the Keynesian concepts of positive and negative analogies, before dealing with Leonardian analogies.

MACAGNO, E. 1987a. Leonardo da Vinci: Engineer and Scientist, in Hydraulics and Hydraulic Research, a Historical Review, ed. by G. Garbrecht, A.A. Balkema, Rotterdam.

MACAGNO, E. 1987b. La noción de presión en la mecánica de fluidos Vinciana. Raccolta Vinciana, Fascicolo XXII, Milano, Castello Sforzesco.

MACAGNO, E. 1987c. Multichannel Tabulation of the Notes on Flow in the French Manuscripts of Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana, Fasc. XXII. Milano, Italy

MACAGNO, E. 1988a. Leonardian Fluid Mechanics. What Remains to be Investigated in the Codex Hammer. A Critical Study and a Challenge. IIHR Monograph No. 101. The University of Iowa, Iowa City, IA.

Written as a challenge to the owners of the codex to support scholarly studies of the document.

MACAGNO, E. 1988e. Experimentation, Analogy and Paradox in Leonardo da Vinci. (Published in Raccolta Vinciana 1990 volume).

MACAGNO, E. 1990. Experimentation, Analogy and Paradox in Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana. Milano.

MACAGNO, E. 1991a. Some remarkable experiments of Leonardo da Vinci. LHB .Révue Internationale de l'Eau, No. 6.

MACAGNO, E. 1991b. Leonardian Fluid Mechanics. History of Kinematics. IIHR Monograph No. 112. The University of Iowa, Iowa City, IA, USA.

MACAGNO, E. 1992a. Lagrangian and Eulerian Descriptions in the Flow Studies of Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana, fasc. XXIV. Milano.

The priority in developing the two main views of fluid flow has been debated (H. Lamb and C. Truesdell) because it was developed during the same years by both Euler and Lagrange, but indeed, both descriptions were already used by Leonardo. This, of course, he did with much simpler mathematical tools.

MACAGNO, E. 1995a. Transport Phenomena in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana, Fasc. 1995. Milano, Italy.

MACAGNO, E. 1995b. "Flow in the art, science and technology of Leonardo da Vinci," Symposium Leonardo da Vinci, Kunst, Wissenschaft und Technik in der Natur, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, Essen, Germany, 3-4 August 1995.

MACAGNO, E. 1995c. "Esegesi e valutazione della scienza dell'acqua nel Codice Leicester," Convegno sul Codice Leicester, CARIPLO, Milano, Italy. 1 December 1995. (Keynote Lecture)

MACAGNO, E. 1997a. Leonardian Fluid Mechanics in the Manuscript G IIHR Monograph No. 114. The University of Iowa.

MACAGNO, E. 1997b. The Meaning of Leonardo's Images in the Codex Leicester. Scritti e immagini in onore di Corrado Maltese. Edizioni QUASAR, Roma, Italia.

MACAGNO, E. 1997c. Esegesi e valutazione della Scienza dell'acqua nel Codice Leicester. Contribution to the book Cos'è Acqua. Libri Schweiller, Milano, Italia.

An analysis of Leonardo's notes on "Libro dell'Acqua" is included in this publication. The material is only in part contained in the Codex Leicester.

MACAGNO, E. 1998b. Leonardian Fluid Mechanics in the Codex Atlanticus X-XII IIHR Monograph No. 116 .The University of Iowa.

MACAGNO, E. 1999. The Codices Madrid and the "Libro dell'Acqua" IIHR Monograph No. 118 .The University of Iowa.

This monograph contains an ordered gathering of all the notes in the Codices Madrid, useful in composing the "Libro dell'Acqua" .

MACAGNO, E. 2000. Leonardian Fluid Mechanics. "Libro dell'Acqua" III IIHR Monograph No. 119 .The University of Iowa.

MACAGNO, E. 2002. Leonardian Fluid Mechanics. "Libro dell'Acqua" IV IIHR Monograph No. 122 .The University of Iowa.

MACAGNO, M, and E. MACAGNO, 1987. Geometrical Configurations in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. Internal Report of the Istituto di Idraulica di Milano, Italy.

MACAGNO, M. 1987. Geometry in Motion in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. Internal Report of Biblioteca d'Arte and Istituto di Idraulica Politecnico de Milano. (Part I: Deformation, Part II: Technical Applications).

MACAGNO, M. 1988. Geometry in Motion. Monograph Department of Mathematics, University of Iowa, Iowa City, IA.

MACAGNO, M. 1990. Leonardo da Vinci and Transformation Geometry. Proc. of III Congress on History of Mathematics. University of Wisconsin, La Crosse. Oct. 5-6, 1990.

MACAGNO, M. 1992a Geometry in Motion in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana, Milano, Fasc. XXIV.

MACAGNO, M. 1992b. Aqua Depicta I. Representation of water in art and science. La Houille Blanche. Revue Internationale de l'Eau, no. 5. Paris.

MACAGNO, M. 1995a. Transformation Geometry in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. Raccolta Vinciana, Milano, Fasc. XXVI 1995.

MACAGNO, M. 1995b. "Mathematics and Motion, Matematica che si prova col moto " Symposium Leonardo da Vinci. Kunst. Wissenschaft und Technik in der Natur, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, Essen, Germany, 3-4 August 1995.

MACAGNO, M. 1997. "Geometria che si fa col moto" in the Manuscript G IIHR Monograph No. 114 .The University of Iowa.

MACAGNO, M. and E. MACAGNO, 1994b. Two Moments in the History of Kinematics. Leonardo da Vinci and Ampère. ARBOR. Consejo Natconal de Investigaciones Científicas. Madrid, Spain. Oct.Nov 1994. (In Spanish)

The first part is on Leonardo da Vinci's kinematics; the second part describes the inception of modern kinematics in France. The term kinematics was introduced by Ampère in his famous essay on the old and new sciences.

MARINONI, A. 1975. Il Codice Atlantico della Biblioteca Ambrosiana di Milano. Volume I-XII. Giunti-Barbèra, Firenze, Italy.

MARINONI, Augusto 1982. La matematica di Leonardo da Vinci. Una nuova immagine dell'artista scienziato. Philips-Arcadia, Milano.

ROUSE, H. and S. INCE 1953 History of Hydraulics. Iowa Institute of Hydraulic Research. University of Iowa. Iowa City. .

Instead of using drawings by Leonardo da Vinci, the authors included drawings by somebody else. See IIHR Monograph No. 122.

ROUSE, H. and S. INCE 1998. Storia dell' Idraulica. Istituto di Idraulica. Università degli Studi di Perugia, Italia.

In a version published in Italy, the opportunity to use drawings by the hand of Leonardo should not have been missed. (See p. 46-49).

UCCELLI, Arturo 1940. Leonardo Da Vinci. I libri di meccanica, nella ricostruzione ordinata, preceduti da un'introduzione critica e da un esame delle fonti, con 2515 disegni ricavati o ridisegnati dagli originali. Ulrico Hoepli. Editore. Milano. 673 p., of which 552 are with texts and drawings from the writings of Leonardo on mechanics.

After studying Uccelli's work on Leonardo's mechanics, I developed the feeling that Uccelli did not know enough mechanics - specially "Meccanica Razionale" (like Burali-Forti, Burgatti, Cisotti, Levi-Civita, Marcolongo, et al) - to do much more than collect the material in an organized fashion.

WOOD, Michel 2005. The Thing, London Review of Books, vol 27, number 1, p. 18.

To benefit from this article, regarding the difficulties translators face, it has to be studied carefully. To entice the reader, I will quote here just one of Wood's remarks: "Many translations are full of elementary errors, and some are so literal as to be non-existing translations - this is not fidelity but dogged transcription". Although this article is about translations of Proust's books ("The Thing"), many of its comments about translations are generally applicable.

ZERI, F. et al. 1995. Leonardo da Vinci in Della natura, peso e moto dell'acqua. Electa. Milano.

See Macagno 1997c for a critical analysis of Zeri's negative view of some really valuable of Leonardo's drawings in the Codex Leicester.

ACKNOWLEDGMENTS

My work on the notebooks of Leonardo started in sporadic form soon after I left Argentina in 1950 to study in Grenoble, France, where Piere Danel instilled in me a great interest for the history of Hydraulics. When in 1956, I became a member of the Iowa Institute of Hydraulic Research (AIR), I began working systematically in a study of Leonardian Fluid Mechanics and Hydraulics. At the beginning, I devoted steadily my free time to the study of Leonardo's particular form of Italian, and then to the survey and analysis of his notebooks. In many cases, I used my own funds to the gathering of documentation containing reproductions of his fluid mechanical drawings and notes. In those early steps, I received, during trips to Italy, valuable advice from Giulio de Marchi, Carlo Maccagni, and Nando de Toni.

In the middle sixties, I started developing my own laboratory methodology related to Leonardo's scientific and technical notes, at the IIHR first, and later at the Transport Phenomena Laboratory which I developed at the College of Engineering of the University of Iowa. In 1974, I began my systematic study of the facsimiles of Leonardo's writings available in Germany, where I was for a year with a Humboldt award at the University of Karlsruhe. Since then, until 1989, I enjoyed always support from German sponsors during the summers I spent at the Institut für Hydromechanik in Karlsruhe. Most of my experiments to gain insight in Leonardian Fluid Mechanics were performed at the excellent laboratory of fluid mechanics of the University of Karlsruhe. For that, and for all the financial and moral support and encouragement I received in Germany during fifteen years, I am forever grateful.

In the 1980's my research work on Leonardian Fluid Mechanics in the notebooks of Leonardo received financial support through a joint grant from the National Science Foundation and the National Endowment for the Humanities of USA; some remnant of their funding is now being used to print this monograph. I am also grateful for a Fulbright Award for the academic year 1986-87, during which I was able to work closely with Professor Augusto Marinoni, president of the Commissione Vinciana of Italy, at the Biblioteca d'Arte located at the Castello Sforzesco in the City of Milano, in Italy. The staff of that library was extremely kind and helpful. I am greatly indebted to Professor Marinoni for his valuable advice and help, always granted with both great generosity and efficiency.

I am also grateful to the Politecnico di Milano, in which Istituto di Idraulica I was given a spacious office and generous secretarial help, as well as free access to their computer systems. Since then, whenever I have needed help in obtaining copy of some document the Istituto di Idraulica has provided assistance very generously. The same is also true regarding help from the above-mentioned Bibliotheca darter. The truth is that abroad I have enjoyed more help, understanding, and support than at home: "Nadia as profit en us Tierra".

Many persons have generously helped me by agreeing to discuss different aspects of my work, or by lending a hand in libraries, laboratories and class rooms, or by kindly and efficiently answering my letters full of questions. Many of my students helped me unknowingly by answering quizzes tailored to discover their primitive notions or their reactions to puzzling questions that were considered by Leonardo. They also performed some experiments, in their laboratory classes, which were in some way or another designed to investigate those of Leonardo.

My wife, my loyal friend for more than six decades, has always helped me in all possible ways, not the least being her constructive criticism blended with an unshakable faith in this work. Were not because of her encouragement, I doubt I would be working in the monumental task of compiling the "Libro dell'Acqua". She has become my co-author, and also an independent author, of publications on Leonardian geometry and kinematics.

Iowa Institute of Hydraulic Research
19 December 2004

DELLA
NATURA DE' FIUMI

TRATTATO FISICO-MATEMATICO

DEL DOTT. DOMENICO GUGLIELMINI

NUOVA EDIZIONE

CON LE ANNOTAZIONI

DI EUSTACHIO MANFREDI

All' Eminentissimo, e Reverendissimo Principe

IL SIG. CARDINALE

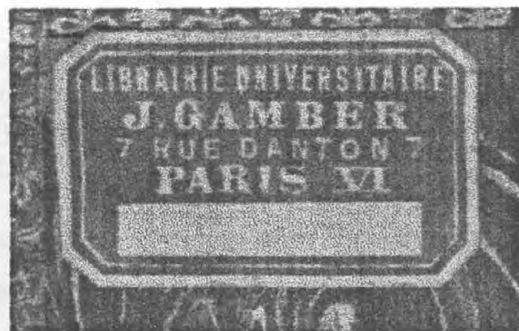
NERIO CORSINI

Nepote del regnante sommo Pontefice

CLEMENTE XII.



In Bologna nella Stamperia di Felice dalla Voipe. MDCCCLXXII.
Con licenza de' Superiori.



"DELLA NATURA DEI FIUMI"

"A' BENIGNI LETTORI"

In his introduction, "A' benigni lettori", Guglielmini begins by comparing the accuracy and certainty in mathematics with the sense of only probable and verisimilar knowledge in physics: ". . . laddove le (proposizioni) fisiche non ammettono se non motivi probabili che non oltrepassano la sfera del verisimile." (p. x, 4-5).

After many considerations on the certainty in one field and uncertainty in the other he added: "Ho voluto prepararvi l'animo, miei benigni lettori, col farvi conoscere la cagione dell' incertezza della fisica . . ." (p. xiii, 8-9). Once the readers have been warned not to expect mathematization of any kind, the author states what he believes to have discovered: ". . . credo essermi riuscito di scoprire molte proprietà degli alvei, per l'avanti affatto sconosciute, la cognizione delle quali porgerà a' profesori molto di lume alle occasioni, per tenersi lontani da quegli errori, che per lo passato hanno prodotti sconcerti grandissimi; e darà l' apertura a' medesimi di esaminare i loro progetti prima di proporli, poscia di eseguirli colla scorta della ragione. . . ." (xiv, 1- 7).

Guglielmini was aware of the great gap between some knowledge of water which have been mathematized already and what was really needed to reduce to a mathematical modeling many of the phenomena he was concerned with:

"Bisogna confessare che l'architettura dell' acque ha camminato fin' ora con piede poco sicuro, a cagione del non avere mai trovato chi le dia l'appoggio delle scienze necessarie; dal che ancora è proceduto che la medesima è stata ripiena di falsi supposti e di equivoci." (p. xiv, 7 - 11). It seems that the necessary sciences would be those mentioned when a few lines ahead where Guglielmini says " se i matematici inpiegheranno la meccanica, la scienza del moto, e la geometria, scienze affatto necessarie all'avanzamento della medesima. " (p. xiv, 14 - 16) . Guglielmini then explains what he considers as mechanics, is what "il Sig. Neuton, insigne matematico Inglese" has done, unfortunately "non in maniera di potersene valere in proposito de' fiumi." (p. xiv, Guglielmini 1739],

I believe this can be said as well today, after three centuries. In fact were for Newton alone, we would still be in the same straits. It took Euler, Lagrange and many others to accomplish part of the mathematization needed. The problems of fluvial hydraulics are very complex and still await a satisfactory mathematization . . . if that is possible.

Guglielmini was well aware that he had penetrated only in "piccola parte, e rozzamente" the complex problems of hydrology and fluvial hydraulics, but he was also confident that he knew empirically, from careful observation of the Italian rivers, and from serious study of Italian engineering know-how, a lot that was useful and could be useful for the time being. Guglielmini thought - wisely I believe, because I had as a young engineer some experience with Andean rivers - that rivers in other countries could behave differently and he warned the reader from any other country to check whether his rivers behave similarly to the Italian ones, or not. Guglielmini was by training a physician; I believe that physicians and engineers have a lot in common, because they are expected to achieve something positive - with or without scientific knowledge - in the most complex situations one can find oneself.

GUGLIELMINI. CAPITOLO PRIMO

Della natura de'fluidi in generale e specialmente dell'acqua, e delle di lei principali proprietà, necessarie a sapersi per la perfetta cognizione di questa materia.

Guglielmini begins his book with the following words:

" Non è possibile a veruno (per quanto io creda) il ben intendere la Natura dell'Acqua, se prima non ha ben capita l'essenza e la costituzione dei corpi fluidi in generale(p.1, 7 - 10). This is undeniably true, but to what extent a particle approach as opposed to a continuum approach is what is optimal, was to be something that only the experience of several centuries could tell. In fact, he wavers between one and the other approach in this chapter.

Guglielmini divides the different bodies, he needs to consider, in "consistenti " and "liquidi" depending on the resistance they offer to separation. Liquid body is the one which is "permeabile" (penetrable ?) so that the "permeante" (penetrant ?) is constantly surrounded by the liquid, meaning that the liquid moves immediately to occupy the space left, as the "penetrant" moves or is moved. He adds that the liquid must exhibit "unità" (coherence ? continuity ?) which is not the case for sand, seeds, etc. About this, Guglielmini has some qualms, and explains that the condition should be valid for all velocities of the "permeante". However, Guglielmini makes a practical distinction between bodies moving so fast that the substance does not move fast enough to fill the space left behind. To consider a liquid as a perfect liquid it should be able to instantly fill the void behind the body moving through it. I believe that this idea survived for a long time. (p. 1-3).

It seems important to me to know what basic ideas concerning the nature of water existed at each time, to better understand the notions about all kinds of water in the interior of the earth, in glaciers, rivers, lakes and seas and in the atmosphere. For instance, in the extant manuscripts of Leonardo very few notes are about ice or snow and not many more about water vapor. I think that a good book on water must consider water in different states.

In elementary school, I was told that a liquid collected in a container, takes its shape, and ends up with a horizontal surface in contact with air. Guglielmini uses, in his definition of liquids, a behavior when the liquid flows rather than being at rest. How slow or fast is the filling of the space behind a body moving through the liquid determines whether the liquid is "molto", or "lento" (p.2) . When my mother taught me how to prepare a good polenta, she said: "Move a wooden spoon though it; it is ready when the polenta does not close back behind the spoon". So, the polenta is ready when it becomes "lenta".

Regarding an important force acting on water, Guglielmini wrote:

"Vogliono alcuni che tutte le parti della materia siano gravi, cioè che abbiano un conato intrinseco, o se non tale, almeno originato da una cagione perpetuamente operante che le spinga verso un punto determinato, il quale si chiama Centro de'gravi, Ma altri, ammettendo bene, che nel mondo sublunare la materia tutta sia affetta di questo conato lo negano alla materia celeste, alla quale danno alcuni una certa tendenza verso il sole. . . (p. 4, 18 - 24) ".

Guglielmini does not adhere to one side or the other of what he considers a controversial situation:

"Io non voglio entrare qui a decidere questa controversia; ma supponendo almeno come possibile che la materia non sia tutta grave bisogna dire che vi possano essere fra liquidi altri gravi, & altri no. Ciò che siasi di questa distinzione, io osservo che tra fluidi, cioè, liquidi gravi, fra'quali annovero l'Aria, con la comune de'più sensati fisici, altri sono compressibili, ed altri no (p. 4, -3 to -1).

Guglielmini also mentions opinions about a certain centripetal force, acting on the liquids, that may set them in motion, a motion for which he uses the Latin word "fluxus". He thinks that air and water are subject to that force and that both flow, but one is

compressible and the other not. The same force of gravity makes some amount of liquid to accumulate in the lower part of a vessel. He says that they do it "sino a figurarsi sphericamente al centro de'gravi". (p. 5. -6). Of course, the liquids may, before that happens, collect themselves in a container. Thus the condition of being a liquid is defined by Guglielmini "come fece Aristotile, per una pronta disposizione che hanno i corpi di accomodarsi alla figura dei continenti, originata dalla gravità delle parti che li compongono" (p. 5, -4 to -1). It sounds familiar.

It is not possible to describe all the notions about fluids Guglielmini referred to and thus only a few representative notions will be mentioned. For instance, he refers to what some people attributed to the fluid state, which seems very interesting, for instance when he says:

"... poichè altri vogliono che ne' fluidi vi sia una certa perenne agitazione; che tenga in continuo moto le parti tutte de'componenti di essi; e di fatto per ispiegare la fusione de'Metalli e la liquefazione della Cera e delle Resine (che non sono altro che il passaggio delle dette sostanze dallo stato di firmità o consistenza a quello di fluidità) bisogna ricorrere al moto impresso nelle parti di esse o dal calore, o da altro; anzi nell'Acqua medesima si osservano le vestigia e gli effetti d'un moto insensibile, come sono la dissoluzione de' sali e l'estrazione di diverse pitture &c. Altri però hanno creduto non aversi veruna necessità di ammettere questo moto n'efluidi. . ." (p. 6, -15).

I do not know how some scientists arrived at this conclusion, but it sounds like a proto-notion of the existence of what we call Brownian motion..

Chapter I is quite extensive, and we can only choose a few highlights. I believe a paragraph on water can be quoted to convey Guglielmini's level of understanding of the physics of such a fluid. (Chap. I, p 9):

4

"E cominciando dall'acqua, egli è manifesto per testimonio de' nostri sensi , ch'ella è trasparente, e ponderosa, ma non eccessivamente: e di più, ch'ella non è compressibile, cioè che non può ridursi per forza esterna in un luogo minore di quello ch'essa naturalmente occupa, prescindendo dalla rarefazione, e condensazione, che patisce nell'introdursi e partirsi da quella il calore. Per ispiegare queste affezioni, basta supporre che le parti dell'Acqua siano sferiche: posciachè, per quello che riguarda la fluidità, toccandosi le sfere in un sol punto, egli è evidente che i contatti saranno indivisibili, e perciò, o niuna o quasi niuna sarà la coerenza delle parti. La trasparenza è facile da spiegarsi col mezzo de' pori, che necessariamente devono lasciare le sfere insieme combinate, i quali saranno disposti in linee sensibilmente rette, non potendo mai essere altro divario, che il semidiametro di una di dette sferette, ch'è isensibile, e tale, che non potremmo assicurarci con qualsisia diligenza di tirare sopra un foglio di carta una linea

ben diritta, che non avesse sinuosità maggiori di quelle che in questo supposto, si concepiscono nella rettitudine d'un raggio di luce, che passi per gl' interstizj lasciati da dette sferette. E d'infine, l' incompressibilità ed il peso nasce dalla solidità di detti componenti, e daj non potersi restringere li pori predetti." (p. 9, 15)

A long paragraph indeed but it is very telling in many respects. I do not know enough history of science to decide whether some of the quoted notions are Guglielmini's or could go as far back as Aristotelian physics, or even older physics. This is the first time that I have come across a justification for the incompressibility of liquids, a notion that has persisted for a long time. Many of my students who were taking their first course in fluid mechanics were convinced (who knows why) that water is absolutely incompressible.

I cannot resist the temptation of telling the story of my students who in a great majority had another preconceived wrong notion: that air (and any gas for that) being highly compressible should always be governed by laws of motion different from those of water ' Hence we could not, under any circumstances, accept that flow of air and water would follow to any degree of approximation the same laws. They did not want to believe that in its first period aeronautics used the laws of water flow, and only after near sonic velocities were achieved a compressible flow theory became necessary. Let's include one more quotation from Guglielmini's book, this one on the reasons for air being compressible.,

"L'unione dell'elastica , o sia compressibilità, colla natura del fluido naturale, che ssi osserva nell'aria non'è stata fin'ora sufficientemente spiegata. La maggior parte dei Fisici si accordano nel dire, che l'aria è composta di parti di figura spirale, il che io non negherei; ma no sarei già facile ad approvare la spirale rivoltata intorno ad un Cilindro, o pure ad un Cono, e molto meno la semplice figura arcuata, perchè tal sorte di figure, o contrasta alla fluidità, o non soddisfa appieno alle condizioni della elastica. Quindi è ch'io più tosto eleggerei una spirale avvolta intorno ad una sfera, di maniera che le distanze delle rivoluzioni fossero permeabili dalla sola materia eterea, che perciò potesse riempire le capacità della sfera medesima." (p. 10, -6)

Very pertinent in connection with the above quotations is the Annotazione I (p.33) of Manfredi about the interest of physicists before Newton concerning the particles constituting diverse fluids. It seems that there was a great interest (shared by Guglielmini) and that with the new approach to physics by Newton the interest was shifted as explained by Manfredi"(p.34) .

Manfredi remarks that the approach inspired by Descartes should be replaced by that of "Cavalier Neuton" :

"Quindi, come saggiamente avvisa il Cavalier Neuton, più sano consiglio è il ridurre lo studio della Filosofia naturale al cercare colle osservazioni le leggi della natura, e poscia secondo queste leggi predire ne' casi particolari quali debbano essere i fenomeni, giachè tanto per l'appunto può bastare per gli usi della umana società . (Al cui profitto debbono essere indirizzati gli studj degli uomini) lasciando l'investigazione delle prime cagioni a chi stima di non impiegare inutilmente il suo tempo nel rintracciarle. (p.34, I, 29).

I would say: "Plus ça change, plus ça c'est la même chose" . Isn't Manfredi stating that reductionism should be left to those who can afford to waste their time?

CAPITOLO SECONDO

Dell' origine de' fonti naturali

Chapter II deals with the origin of natural water sources. After a few sentences Guglielmini states that "I signori della Accademia Reale delle Scienze istituita a Parigi da Luigi il Grande hanno fatto moltissime osservazioni per decidere simile questione". When I first read Guglielmini's book. I did not know that rainfall measurements started only about three centuries ago in Paris. Why, for millennia, humanity did not think of using some container to measure precipitation; people paid so much attention to the motion of the planets and stars but not to that of water in its many manifestations. We know, for instance, that a friend of Mariotte measured the (I suppose annual) rainfall in Dijon and found 17 inches as his result.. Measurements of evaporation were also made and it seems that more evaporation was measured than precipitation. There were also measurements of river flow but Guglielmini does not say much about them in this book. The fact is that much confusion resulted from scanty measurements (which, in addition, were not reliable at all, I guess)

In many places we find water flowing out of the surface of the Earth. In some cases, it comes out with force, in many cases it just flows out gently. Guglielmini cites several

ideas about the origin of such sources of water (p.44). At that time, some people believed the sole origin to be rain water, some other people believed it was the water from the sea.

Guglielmini discusses the studies in France (Mariotte, Perault, Sedileau, and others) that took into account precipitation in some places, rivers discharge (I wonder how ? ?), and evaporation. It seemed then that there was not enough rain to produce the water of rivers plus that evaporated. With extremely scanty, and probably bad data, how could they have dared to try to do calculations to justify anything ? It seems that those initial measurements generated a paradoxical result. They were interpreted as showing that rain (and snow) was not enough to account for the flow; the theory that water came from the sea was reinforced. And the supporting arguments also. It may be hard to believe nowadays, but there were then people who thought that the sea surface could be higher than the mountains. This notion Guglielmini discards as really absurd. Some invoked "una circolazione perenne comandata de Dio nella creazione dell' universo". To avoid believing in a "perpetuo miracolo" some have thought of a "physical cause " . . una facoltà attrattiva della terra (p.46). It is true that there is some capillary rise whenever water comes in contact with a porous medium like earth, but this is really negligible compared with the differences in elevation involved . Guglielmini raises the objection that then the water in lakes and rivers should be sucked up back to the mountains, were the capillary forces so powerful. Guglielmini also finds reasons to discard other effects involving pulsations and pneumatic forces.

After discarding the current theories for the origin of rivers, Guglielmini considered, that of Descartes who assumed a planet full of caverns (p. 46). The Earth cavities lower than the sea would be invaded by sea water. This could happen after permeating through layers that would remove impurities (perhaps remove the salt ?). I cannot refrain from thinking that it would really be great if simple filtration could be used to extract fresh water from the sea !. Once the water went down to those lower caverns, the heat of the Earth would produce evaporation. Vapor would ascend to higher levels than the sea caverns where it would condense and, perhaps, be joined by rain water.

Chapter II concludes with a statement that rivers get their waters from different origins: sources, rain, and snow. They exchange water with the earth which is in contact with them, sometimes ground water comes into the river, sometimes water from the river flows into the ground. Guglielmini refers to rivers which become dry in summer, but

continue as underground currents which can be observed by excavating some holes in the bed of the river.

"Egli è certo che tutta l'acqua, che corre dentro gli alvei de' Fiumi ha origine immediata o da' Fonti o dalle nevi liquefatte, o dalle piogge. Sotto nome di Fonti, in questo luogo comprendo anche i Laghi, Stagni, o Paludi, se queste non abbiano il loro essere dall' influsso de' Fiumi o Rigagnoli o altr' acque sopraterranee, ma bensì dalle sole sorgenti. E la ragione si è che, o il Lago è effetto di una Sorgente sola, ed in tal caso non è egli altro che la gran Vasca d'una Sorgente, o pure riceve l' acqua da più di esse ed allora diventa una Vasca sola comune a più Fonti; ed abbenchè vi siano de' Laghi, che riconoscano la loro manutenzione da più cause, cioè, e dalle sorgenti e dagl' influssi di altre acque sopraterranee, e immediatamente dalle piogge medesime; nulladimeno sussiste sempre, che i Fiumi tutti da qualcheduno de' tre principj sopra memorati derivino. Rare volte s'incontra, che da una sola Fonte nasca un Fiume considerabile, ma fequentemente e per lo più, s'ingrossano i Fiumi per lo tributo, che ricevono d'altri Rivoli, che da una parte, e dall' altra dentro vi corrono, e nel progresso anche dall influsso di altri Fiumi per un singolare artificio della Natura, che ne manda molti ad unirsi insieme, acciò più facilmente possano scorrere al loro termnie come a suo luogo si dirà." (Ch. II , p.48)

"Secondo le diverse circostanze, ora comunicano i Fiumi per li pori della terra una porzione dell'acque proprie alle parti vicine; ora da queste per la medesima strada ricevono qualche piccolo tributo, vedendosi molte volte uscire dalle sponde de' Fiumi minutissimi zampilli di acqua, e ciò succede ne' casi, che la superficie de' Fiumi sia più bassa notabilmente, che 'l piano del terreno contiguo, e che questo sia ben pregno d'umore somministrato o dalle piogge o d'altronde. Nè v'ha dubbio che il fondo de' Fiumi, se è di sostanza penetrabile dall'acqua, secondo la diversa altezza del di lei corpo, che sostiene non ne riceva in qualche abbondanza, e che la trasmetta a poco a poco lungo l'andamento del Fiume medesimo al Mare; poichè egli è certo, che ne' fiumi temporanei, i quali l'estate lasciano vedere il loro fondo asciutto, ogni poco di fossa, che si scavi, diventa una sorgente; e scavandone molte, queste hanno la loro superficie disposta in una certa pendenza parallela a quella, che gode l'alveo del fiume; segno evidente di qualche corso sotterraneo. Molto più è manifesto il corso de' fiumi sotterranei, quando in tutto, o in parte, essi si precipitano nelle voragini, che incontrano, e dopo qualche tratto, di nuovo escono alla luce; poichè di questi egli è certo, che trovano sotto terra alvei, e laghi, per li quali si portano al luogo del nuovo sboccamento. Per fine, non si può negare che i fiumi non ricevano anche l'acque delle piogge che dentro vi cadono; perchè, siccome da queste si accresce l'acqua ne'laghi, ne'stagni, e nel mare, così niuna ragione vuole che le medesime non somministrino anche qualche debole alimento al corso de' fiumi. (Ch. II, p.48-49)

MANFREDI'S ANNOTATIONS TO CHAPTER II

My copy of "Della Natura de' Fiumi" (Bologna, Stamperia Sergio dalla Volpe) contains annotations by Manfredi, which I have found very helpful. Manfredi played a rather important role, and I do not want to obscure his contribution by citing some of his comments occasionally. Let me devote here a section to Manfredi, whom I believe could have easily published a book of his own with the material he "donated" to Guglielmini. Let me illustrate Manfredi's contributions with a few examples. For instance, Annotazione I is useful in realizing that perhaps the expectation of the first observers was that precipitation over vast areas would be rather uniform. He mentions that later, "Avvertì già il Sig. de la Hire nelle memorie della stessa Accademia del 1710 . . . che ne'luoghi più proSSimi, o al mare, o al monte - piove assai più che a Parigi. . ." (Ch. II, p. 49). Annotazione III is interesting because it shows Manfredi concerned with important aspects of the way in which the hydrological bookkeeping should be carried out. For instance, here is what he has to say about the amount of water taken by plants, part of which is returned to the atmosphere.

"Sarebbe oltre ciò da dettrarre dall'acqua delle piogge quella che passa in nutrimento delle piante, poca secondo alcuni, ma non così poca secondo altri, giacchè nepur questa concorre ad ingrossar le sorgenti. Ne si può sfuggire tal necessità col motivo che questa ancora nel traspirare che fanno le piante torni a ridursi in vapori, e finalmente in piogge, perocchè sempre ha luogo il discorso poc'anzi fatto di non doversi mettere di bel nuovo a calcolo dell'entrata ne'fiumi ciò, che una volta vi è stato messo" (Ch. II, p.51).)

Annotazione IV

The hydrological balance required the knowledge of the discharges of the rivers, which I think was a much more difficult problem than measuring precipitation. Manfredi recognizes this in the following words that refer to researches by Mariotte and Sedileau. Manfredi indicates that the discrepancies between their calculations were due to the

". . . diverse supposizioni, che essi hanno seguite nel calcolare la quantità dell' acqua portata da'fiumi in un'anno, e questo è veramente ciò, in che consiste la massima difficoltà della presente ricerca. Tal difficoltà si può dire che abbia due capi principali. Il primo è nel giudicare della velocità assoluta di un fiume, notizia che è indispensabilmente necessaria oltre quella della larghezza e profondità per dedurne la misura dell'acqua, che egli porta." (p. 52 line 15).

The second reason is

"L'altro capo di difficoltà nasce dalla diversità degli stati del fiume in diversi tempi dell'anno, attesa la quale, quando anco si sapesse la portata di esso in qualche stato, come a cagion d'esempio nelle massime piene, ciò non bastarebbe se non si cercasse anco negli altri stati, perochè in ciascuno di essi, oltre l'altezza e la larghezza si può eziandio cangiare la velocità, e quello che forse è più difficile, converrebbe in oltre tener conto quanta parte dell'anno soglia mantenersi il fiume in ciascuno di que' diversi stati per trovare quel mezzo aritmetico che qui accenna l'autore . . ." (p.52, 2nd column, line 4).

I cannot refrain from citing from Annotazione V, the hunch Manfredi describes about the origin of the sources of water:

" . . .e che confesso sembrare a me ancora la più probabile, che l'origine dei fonti si debba riconoscere da quell' umore, che cade da alto sopra la terra, senza che faccia uopo d'immaginare altre occulte strade, ne altri difficili meccanismi per li quali le acque del mare si sollevino per entro le viscere della terra fino alle cime delle montagne." (p. 53, 2nd col.)

About the strange popular justification for those "occulte strade", I do not know, today, how many students in our liberal arts colleges, and how many of their professors, would strike the right answer if presented with the idea that, by applying Euclidean geometry to extend the local horizontal plane, the sea level at any point can be shown to be higher than any mountains of the planet far away from such a point. The answer to this question was clear to Leonardo, but more than two centuries later, we find Manfredi inserting his Annotation VIII in a attempt to avoid errors regarding the origin of rivers:

"Che la superficie del mare sia più alta de' monti può esser caduto in pensiero a chi non essendo istrutto de' principj della geografia non distingue fra un piano tangente la terra e una superficie veramentee orizzontale, cioè concentrica alla terra. Ma che ciò non ostante le acque del mare possano salire fino alle cime de' monti per la sola forza dell'equilibrio è stata un'ingeniosa riflessione d' uno de' piu insigni filosofi, e matematici del nostro secolo, il Sig. Giovanni Bernulli. Considerando egli, che l'acqua dolce è più leggera della salsa, argomenta che ove nel profondo del mare l'acqua deponesse come in un colatojo quel sale, con cui intimamente è mescolata, onde passando dolce per li pori della terra, e penetrando poscia per segreti canali e cunicoli potesse di novo risalire a livello dell superficie del mare, non si potrebbe già arrestare, ne equilibrare a tal segno, ma ove i medesimi tubi fossero continuati allo insù verso l'alto delle montagne, potrebbe alzarsi dentro di essi finchè nel fianco, o nella cima, d'un monte trovasse esito aperto nell'area. Ma una tale ipotesi è soggetta a difficoltà al mio parere insuperabili, che ponno leggersi nelle annotazioni spesse volte mentovate alla lezione del Sig. Vallisneri." (p. 54, 2nd col.)

GUGLIELMINI. CAPITOLO TERZO

Della divisione de' fiumi, loro parti, attinenze e denominazioni.

Guglielmini introduces the fluvial terminology which I will illustrate by mentioning *alveo*, *letto*, *o canale* to begin with, then *fondo* and *sponde o ripe*. Then he distinguishes between *sponde naturali per escavazione* or *per alluvione*. Of course, river sides can be artificial in some places, and these he called *sponde artificiali* or *argini*. If the face of the side is vertical he uses the term *ripa piarda*, and use simply *ripa* for a normal slope, while a very mild slope is identified as *spiaggia* or sometimes *alluvione*.

I do not have space enough to describe other terms Guglielmini defines systematically and very clearly. This is a point of striking contrast with Leonardo who in matters of terminology left much without definition. In fact for each point in favor of Guglielmini as a well organized author, one can find at least another in favor of Leonardo as a creative man in the science of hydraulics. I only need to remember Leonardo's anticipation of Eulerian and Lagrangian views in Fluid Mechanics. [Macagno 1992, Raccolta Vinciana], however qualitative they might have been, which are absent in Guglielmini's hydraulics, to mention just one great difference in genius of these two hydraulicians. Let me say that even today to have a mastering of the two views is not a common quality to be found around.

When we come to flow of water and to the description of the different fluvial characteristics, it becomes almost mandatory to mention the essentials. All rivers exhibit what Guglielmini calls *filo o filone*, and also *spirito del fiume*, or *testa* or *via dell'acqua*. One can identify the *filone* because *'si conosce dalle materie che galleggiano sopra l'acqua* (p. 57 3rd §, line 7)

" . . . le piccole acque, per lo più originate da' fonti, si chiamano *rivi*. L'unione di diversi rivi si dice *fiumicello*, e l'unione di più fiumicelli diventa *fiume*. Se l'acqua di questi è continua, in maniera che mai non si scopra il fondo del tutto si chiama *fiume perenne*; ma se qualche volta accade che resti affatto asciutto si nomina fiume *temporaneo*. (p. 58 2nd §, line 5)

In connection with the subject matter of "Libro dell'Acqua" 10 it seems appropriate to quote a few lines on fluvial engineering works. Guglielmini refers to them a

propos of waterfalls which can be natural (as those of "Nilo, Reno, Danubbio", etc.) or artificial as those in "chiuse, traverse" etc.

" Cadendo l'acqua d'un fiume da qualche luogo alto precipitosamene al basso, in maniera che l'alveo superiore sia considerabilmente più alto che l'immediatamente inferiore; tale caduta si chiama *cataratta* o *catadupa*, come sono quelle del Nilo, del Reno, e del Danubbio &c , e queste sono o naturali, o artificiali (Annot. X). Queste ultime si chiamano anche *chiuse*, *traverse*, *pescaje*, o *sostegni*, e servono per far'alzare l'acqua nella parte superiore del fiume, o per derivarla, o per servirsene ad uso di navigazione, o per far muovere diverse macchine idrauliche."

"Le acque derivate o cavate da un fiume o da un lago scorrendo regolarmente per alveo proprio aperto di sopra, si chiamano *canali*, o *acquedotti*; ma più propriamente *acquedotto* si dice quando l'acqua si fa correre chiusa. come dice Frontino -*aut per cuniculos subterraneos, aut opere arcuato.*" (p. 60-61)

Annotazione X.

"Il nome di *sostegni* benchè possa adattarsi a tutte le chiuse, comunemente si attribuisce a quelle fabbriche che sostengono l'acqua per frenare la rapidità del suo corso ad uso di navigazione." (p. 63, 2nd col.).

GUGLIELMINI. CAPITOLO QUARTO

Del principio del moto nelle acque correnti, e delle regole di esso più principalil

Guglielmini says here that it is time to investigate "quale sia la causa principale del moto delle acque". And he states

"*Che il moto delle acque sia effetto della gravità*, si renderà manifesto a chi semplicemente farà riflessione che l'acqua, egualmente con gli altri gravi solidi, tende verso un centro, a questi e a essa comune; quindi ne nasce che o consistendo la gravità in una naturale inclinazione che ha la materia tutta elementare di tenersi strettamente unita al globo terraqueo; o pure dipendendo la medesima da'un impeto impresso a tutte le menome particelle materiali dalla sostanza eterea; è d'uopo credere che congenea alla gravità de'solidi sia anche quella dei fluide che con le medesime regole operi in ispignere al basso, e gli uni e gli altri." (p. 64, 2nd §)

Guglielmini mentions a result from Galileo which was extended by him, and others for a long time, to apply to the water velocity distribution in canals and rivers [see my review of Maffioli's book, "Out of Galileo", Technology and Culture, 1996, No. 2] . In

fact, this was an intuitive extension of the fall velocity of a body, in vacuum, to instances of fluid flow, which resulted in aberrations like that the distribution velocity in a canal would follow a parabolic law, with zero velocity at the free surface and maximum velocity at the bottom. This is just opposite to the most elementary observations. Thus, more and more "corrections" had to be introduced here and there. Not until some more basic fluid mechanics was developed would this situation improve. Sometimes knowing a little about something leads to very bad situations.

"E' dimostrato dal Galileo che un grave, il quale discenda liberamente per una linea perpendicolare verso il centro de'gravi avrà in ogni punto della linea, che descrive tali velocità che tra loro saranno in proporzione subduplicata, o che è lo stesso, dimidiata, di quella che hanno le lunughezze delle discese computate dal principio della caduta." (Fig. 8 Guglielmini) (p.64, 4th §)

Engineers in the past could not fail to have some notions of other physical laws besides Galileo's; hints of laws not yet discovered. Like Leonardo, they had always some understanding, however primitive it might have been, of entropy, or in simpler terms, of frictional effects that introduce a force opposite to motion and could lead -as Guglielmini recognized - to equilibrium, instead of acceleration. What seems to have helped the investigation was the study of the fall of a body in a resisting medium. It is interesting to see how embryonic ideas in Leonardo about entropy (or as it was called for some time, "dissipation of energy") would emerge with increasing clarity although not without confusions and controversy.

See how Guglielmini tries to adapt Galileo's findings about free fall to motion of water in a canal:

"Che se un grave A (Fig. 8 Guglielmini), invece di cadere per la perpendicolare AB sarà obbligato a discendere per lo piano inclinato AC; in ogni punto della sua discesa, come in D, avrà quel grado di velocità che avrebbe cadendo da A verso B, arrivato che fosse al punto E, cioè a quello nel quale la linea AB è tagliata dall' orizzontale DE, e similmente in C avrà quella velocità che avrebbe cadendo da A in B." (p. 65, 2nd §)

Guglielmini makes clear, immediately; that the above is correct in the absence of resistance, and he concludes that:

"Restano dunque in fatti la velocità qualche poco minori di quello che richiede la natura della parabola, della quale essendo una proprietà che dividendosi l'asse in segmenti equali, e tirandosi per le divisioni, le semiordinate, non siano le differenze di queste eguali in ogni pare ma bensì maggiori, quanto più le semiordinate predette sono vicine al vertice della parabola; ed essendo la resistenza dell'aria sempre la medesima, se non maggiore, quanto più violento è il moto; ne segue, che sul principio della caduta, può darsi il caso che l'effetto della resistenza dell'aria sia insensibile; e per conseguenza rimanga manifestissimo l'acceleramento, anche sensibilmente nella proporzione accennata, ma che dopo un certo spazio di discesa (quando, cioè, la differenza delle velocità sia resa minore) la resistenza dell'aria comincj ad operare sensibilmente, finchè, pareggiando essa la forza accelerante, impedisca che la velocità più grave s'accresca, e perciò da li avanti il moto si renda equabile." (p. 66, 1st §)

Guglielmini gives in his Fig. 9 some idea of a correction of the velocity that would take into account the resistance to motion. The final sentences of this paragraph are very interesting because Guglielmini refers to energy in trying to justify that a uniform motion can be attained:

" . . . perchè la resistenza dell' aria non cresce per altra cagione che per l'accrescimento della velocità nel mobile; non crescendo più questa, ne meno si aumenterà quella, e però, pareggiata l'energia dell'acceleramento con quella del resistente, continuerassi bensì la discesa, ma col ritenersi il grado di velocità acquistato; e perciò il moto si ridurrà all'equabilità." (p. 67, line 1-6)

The kinematics reflected in some of Guglielmini's passages is confusive. I wonder if the situations in which complexity, especially if it showed stochastic characteristics tended to blur his mind (and that of his contemporaries) to the point of concluding that chaotic motion in physical systems should result in loss of some of the basic properties of the matter involved. I was left with this impression after reading the first and second paragraphs in his p. 72.

"Passando da' corpi solidi a'fluidi bisogna redursi alla memoria quanto si è detto nel primo capitolo, cioè, che i corpi solidi hannole parti tutte collegate insieme; e perciò abbenchè siano composti di più pezzetti di materia nulladimeno devono essere considerati come una cosa sola *non potendo un solido muoversi di moto semplice o rettilineo, se tutti i punti, per così dire, della mole di esso, non concepiscono un'impeto eguale*, che in ognuno d'essi cagiona altresì eguale ed uniforme la velocità altrimenti è necessario, che si spezzino. Quindi è che gli statici tutti assegnano a'corpi solidi un certo punto dentro o fuori della lore mole, che chiamano *centro di gravità*; (ch'io piuttosto direi *centro dell'impeto*, perchè in esso s'equilibrano tanto i

momenti della gravità quanto tutti gli altri delle potenze moventi) dal qual centro viene descritta la linea del moto." (p. 72, 1st §).

It seems it was really difficult to perceive properties as truly inherent to something which presents a chaotic situation; I detect a sense of confusion about what would be valid in such a case. I also detected such possibility years ago when I first read one of the best textbooks in fluid mechanics of the middle third of the 20th century. (see Rouse, "Elementary Fluid Mechanics") Rouse, facing the tremendous complexity of turbulent flow, stated that the streamlines of a turbulent flow would intertwine, but a simple kinematical analysis shows that they could not. There is nothing hopeless; the kinematics is amenable to study, albeit statistically. The instantaneous picture moreover is possible and obtainable, although of little use by itself.. Let me quote Rouse talking of a "hopelessly" situation as he described an aspect of turbulent flow.

"This phenomenon is known as *fluid turbulence*. Since the streamlines are then not only hopelessly intertwined but changing in form from instant to instant, turbulent flow is evidently the complete antithesis of laminar flow, in which neighboring 'layers' of fluid remain distinct from one another except for the minor effect of molecular diffusion." (Rouse 1946, p. 176)

I do not except myself from perplexities born from mental habits and obscurely preconceived notions, I know from my own experience that a mind accustomed to deterministic approach has obviously trouble handling a situation which needs statistical thinking. The above mentioned second paragraph, on p. 72, did not clarify much Guglielmini's notions for me:

"Ma perchè i corpi fluidi sono un'ammassamento di particelle solide, minutissime, e non legate insieme, succede che *ogni parte di essi può muoversi con direzione e velocità diversa dall'altre; e perciò ne'fluidi negano gli statici medesimi trovarsi alcun centro di gravità*; non perchè anch'essi non siano gravi o non siano obbligati a seguire le leggi universali della gravità; ma bensì a mio credere, perchè siccome non può assegnarsi un centro solo comune a più solidi staccati uno dall'altro (che però non abbiano alcuna dipendenza o cospirazione ne' propri moti) ma bisogna ammettere tanti quanti essi sono; così trattandosi di un fluido (che non è altro che un'ammassamento di più corpi ognuno in libertà di muoversi da se solo) non si può dare il centro di gravità all'unione o al numero delle parti; ma bisogna considerarlo in ognuna di esse separatamente. come è manifestato in una massa di miglio, le cui granella non sono obbligate a seguire il moto l'una dell'altra, né ad avere alcuna dipendenza dal centro di gravità, che potrebbe assegnarsi alla figura sotto la quale la predetta massa fosse compressa. Accade però qualche volta che il moto de'fluidi abbia qualche relazione al centro di gravità della figura, ma ciò è solo per accidente,

e quando alcune delle parti del fluido sono da qualche circostanze sforzate a seguire il moto delle altre." (p.72, 2nd §)

It is amazing that the mentality was then to have difficulty in assigning a center of gravity to a caotically moving system of particles. Let us see, though, that Manfredi appears to have had a better understanding of chaotic motion than Guglielmini:

"Non ostante che le diversi parti d'un fluido possano avere velocità e direzioni diverse a differenza di quelle d'un solido, tuttavia trattandosi di un corso d'acqua o sia per aria come ne'getti o lungo un letto, come ne' fiumi si può in ciascuna sezione intendere una direzione mezzana fra tutte, cioè quella secondo cui si move la maggior parte delle linee, o fila dell'acqua, e quella si prende per la direzione universale di tutta l'acqua, e si può parimenti figurare una velocità media aritmetica risultante dal ragguaglio delle varie velocità delle diverse parti e questa s'intende per velocità media come si è accennato nell' annotazione 5 del capo I . In tal senso si vuol prendere, e il detto finora e quello che si dirà, appresso delle velocità e delle direzioni delle acque, ove espressamente non si distingua o la direzione o la velocità d'una parte di una sezione da quella dell'altra." (Annot. IV, p. 93).

The fact is, however, that Guglielmini came finally to agree that "le leggi d'e gravi s'esercitano egualmente, e ne corpi solidi e ne'fluidi" (p. 80, 3rd §), and he could enunciate eight rules ("regole") for the motion of water in rivers. In Regola I, Guglielmini describes the different sources of resistance an initially accelerated flow encounters. Manfredi wrote two long Annotations (XI and XII) in connecton with Regola I; they are interesting but space is not available here for more than quoting the "regole":

"REGOLA I, L' Acqua passando dalle quiete al moto, o nell'uscire dalle vasche delle proprie fonti, o nello squagliamento delle nevi, o in altra maniera; acquista nella discesa per gli alvei de'fiumi, che sono altrettanti piani, per lo più inclinati all'orizzonte qualche grado di velocità; ma questa ben presto si riduce all'equabilità per le grandi resistenze che incontra l'acqua al suo moto come sono la poca declività degli alvei medesimi; le grandi inegualità de'fondi bene spesso pieni di sassi o ghiare, gli ostacoli lateralmente esistenti nelle ripe; le tortuosità de' fiumi &c. Impedimenti tutti che pongono un'ostacolo considerabilissimo al corso dell'acqua atto a distruggere, presso che del tutto, ogni velocità antecedentemente acquistata." (p 81, Regola I) .

In Regola II, we find a statement about correlation between velocity and slope. It is purely qualitative as it was Regola I.

Ridotto che sia il corso dell'acqua all'equabilità, le dee però restare impressa quella velocità che ha acquistata antedentemente nello scorrere per lo suo piano e questa è regolarmente maggiore quanto maggiore è la declività del suo letto. Poichè avendo maggior forza di superare gl'impedimenti l'acqua che scorre per un alveo più inclinato che non ha quella la quale corre per uno meno inclinato viene ad avere maggior proporzione la forza al suo resistente nel primo caso che nel secondo; e dovendo per ridursi all'equabilità, essere eguale l'aumento della velocità che succederebbe all'impedimento del resistente; ne nasce in conseguenza che più tardi si faccia tale uguaglianza, o che maggiori si aggiungano i gradi della velocità all'acqua quanto maggiore è la declività. E questa è la ragione per la quale i torrenti che scendono dalle montagne con precipitose cadute, superano facilmente gli ostacoli ordinarj, che loro si oppongono per freno del corso. (p. 81. Regola II).

Chapter IV ends with what the author calls a kind of "epilogo" which I believe deserves quotation in full:

*"Da tutto il predetto si può raccogliere per modo di epilogo (1) che due sono le cause immediate della velocità nelle acque de' fiumi, cioè una la declività dell'alveo e l'altra la altezza viva del corpo dell'acqua; o per dir meglio l'accelerazione del moto acquistata nel discendere dell'acqua per l'inclinazione dell'alveo; e la celerità dovuta alla caduta dall'altezza viva della sezione fino alla parte di acqua da essa resa veloce (2) Che dette due cause non operano unite; ma solo per ragione della prevalenza, di modo che se più vale l'accelerazione del pendio che l'altezza viva dell'acqua quella e non a questa deessi la velocità e per lo contrario (3) che nella medesima sezione, ma non nella medesima parte dell'acqua può avere luogo l'una, e l'altra di dette cause nello stesso tempo, di modo che una parte riconosca la sua velocità dall'altezza dell'acqua, l'altra dal pendio dell'alveo. (4) che ne' fiumi di poca declività ha luogo per la maggior parte la velocità nata dall'altezza dell'acqua ed in quelli, che hanno molta caduta può aver luogo questa più che l'altezza in rendere l'acqua veloce; ed in qualche caso può operare la sola caduta. (5) Che la velocità della superficie dell'acqua è sempre effetto della declività di essa, e ne' canali orizzontali anche della viscosità che si trova fra le parti dell'acqua. (6) Che nella misura dell'acque correnti, si dee fare in modo che tutta la velocità della sezione dipenda dalla sola altezza, il che si può ottenere abbassando delle cateratte sotto la superficie dell'acqua, che l'obbligano ad elevarsi e ad accrescere le velocità inferiori", se ve ne sono provenienti dall'accelerazione per lo pendio. Dal chè si può dedurre (7) Che * i fiumi, i quali non hanno sensibile declività tanto saranno più veloci quanto maggiore sarà il corpo d'acqua che porteranno, supposta in essi eguale la larghezza dell'alveo; o pure, quanto maggiore sarà la loro altezza viva. Ed (8) finalmente: Che i fiumi, i quali portano eguali quantità di acqua quanto saranno più ristretti, saranno anche tanto più veloci quanto più larghi tanto meno veloci, e perciò nelle sezioni più strette del medesimo fiume, s'osserva maggiore velocità di corso." (p. 90, 1st §).*

GUGLIELMINI. CAPITOLO QUINTO

De la situazione del fondo de'Fiumi , cioè delle profondità, larghezze e declività dei medesimi

De Marchi [1947] says little about Chapter 4; he considers Chapter V the most original in Guglielmini's book:

"Il capitolo ove maggiormente rifulgono la novità della materia, la originalità della concezione e la sua rispondenza alla realtà dei fenomeni è il quinto: esso tratta 'della situazione del fondo dei fiumi, cioè della profondità, larghezza e declività dei medesimi'."

"Lo può leggere con vantaggio anche l'ingegnere odierno che debba occuparsi di sistemazioni fluviali, perchè le idee del Guglielmini tuttora conservano intero il loro valore, e l'esposizione, nonostante qualche lungaggine e le inevitabili imprecisioni (i concetti meccanici erano ancora in via di precisazione, la velocità è presentata come una forza, la pendenza è chiamata *caduta*), è chiara e accessibile anche a chi non abbia consuetudine con il linguaggio scientifico di due secoli adietro." (De Marchi, p. 98, 2nd §)

De Marchi compressed the essence of these ideas in the following words

"Il nucleo della concezione sta nella seguente osservazione che il Guglielmini (p. 108) chiama comune, ma che non era stata compiuta mai prima di lui : *'i fiumi assai veloci si approfondano l'alveo e con ciò si scemano le cadute (cioè le pendenze) , e i tardi di moto, se corrono torbidi s'insterriscono i letti.'*" (De Marchi 1947, p. 99).

In the above comment, De Marchi gave emphasis to the hydraulician in Guglielmini. However, in the context of drawing a parallel between Leonardo and Guglielmini, it is necessary to describe other non technical questions which certainly preoccupied both men. Here, below the above quotation from p. 108 (Guglielmini) by De Marchi we find remarks about the role of rivers in the life of human communities. Referring to rivers with relatively high velocity of water and other rivers slower in flow, Guglielmini notes that " . . da alcuni sono chiamati i fiumi divoratori delle campagne; e da altri, bonificatori delle medesime, verificandosi d'essi l'uno e l'altro epiteto in diversità però di circostanze." To this, the engineer added

" Quindi è ch'io non ho mai saputo immaginarmi di dover cercare qual caduta sia necessaria ad un fiume per altro fine che per accertarmi che il medesimo non

interrisca il proprio alveo colle deposizioni, non avendone quanto basta, o avendone la maggiore del bisogno, non l'escavi di soverchio con danno notabile delle proprie ripe." (p. 108, 3rd §).

Like De Marchi, I have found the arguments in support of the above proposition so clear and convincing that I decided to include a long quotation. I cannot avoid either to refer to a great difference between Leonardo and Guglielmini as writers; I find one highly quotable while the other, in spite of his inventive creativity, needs to be deciphered most of the time. Leonardo was a clever research engineer while Guglielmini was a well-versed consulting engineer. One was an artist who took interest in hydraulics and was very creative regarding fundamental aspects and much less so regarding technical matters; the other was a medical doctor (and a well trained university person ("un universitario") for that matter)). Here is the long quotation:

" . . . Egli è certo che i fiumi in tanto si profondano, ed allargano l'alveo in quanto per la violenza del proprio moto corrodono e portano via la terra che forma le sponde ed il fondo; egli è dunque necessario che la forza scavante superi la resistenza della terra, o d'altra materia, che forma l'alveo al fiume; altrimenti essendo l'una eguale all'altra, non succederà effetto veruno d'escavazione; e molto meno se la resistenza sarà maggiore della forza. Egli è altresì evidente che un fiume non va sempre profondando il proprio alveo in infinito; altrimenti quelli che nel principio del mondo corrodendo il terreno, si formarono il letto colla diuturnità del corso si sarebbero a quest'ora profondati nelle più alte viscere della terra; bisogna dunque dire che nell'escavarsi che fa un fiume o la forza dell'acqua vada a poco a poco mancando, o la resistenza del terreno egualmente accrescendosi; o pure che nello stesso tempo, e quella si diminuisca e questa si accresca, sin che si giunga ad una specie di equilibrio nel qual tanto operi la violenza dell'acqua per escavare quanto resiste il fondo per non essere alterato dal proprio essere. Nell'istessa maniera si dee discorrere delle larghezze de'fiumi, che sono effetti, parte dell'abbondanza e velocità delle acque e parte del contrasto o resistenza che fanno le sponde ad essere ulteriormente corrose. Quindi) *tanto i fondi quanto le larghezze degli alvei vengono ad essere determinate dalla natura*; cioè a dire dalla combinazione delle cause operanti e delle resistenti, in un certo grado di attività; e però alterandosi tanto quelli che queste con l'arte non cesano mai le cause operanti di ridurli al loro stato primiero: Ed in fatti l'esperienza dimostra che in un fiume stabilito di fondo, (cioè a dire posto in tali circostanze che non si alzi colle deposizioni, ne si abbassi con le escavazioni) , e parimente stabilito di larghezza (cioè che per propria attività più non si allarghi ne più si restringa), se nel di lui alveo si faranno coll'arte, nuove escavazioni ben presto, essendo l'acqua torbida le riempirà; formandosi nuovi dossi, ben presto gli escaverà; allargandosi l'alveo da una parte più del bisogno, ben presto colle alluvioni, si restringerà; e finalmente ristagnandosi oltre il dovere sempre farà forza per superare le cause ristagnanti." (p 108 , -1 to p. 109, -4).

Guglielmini identified three causes that concur to produce flow and transport in rivers in equilibrium:

"La prima si è *la condizione della materia*, della quale sono composte le ripe ed il fondo; poichè *le terre arenose cedono più facilmente alla forza dell'acqua corrodente, che le cretose*; e queste più facilmente che il sasso. La seconda è *la situazione del fondo, o delle ripe del fiume*, essendochè, *quanto più sarà declive un fondo arenoso, o ghiaioso, tanto più la medesima forza dell'acqua sarà potente ad escavarlo*. E la terza, che più d'ogn'altra, merita nome di causa, si è *la forza dell'acqua*; poichè, dove questa è maggiore ivi più presto, e più facilmente cede la tenacità, o peso, della materia della quale è composto l'alveo; e meno resiste la poca inclinazione delle ripe, e del fondo. (p. 111, -9 to 112, 2)."

Although one may nowadays find fault with many of the arguments used by Guglielmini, when he concluded that the slope of the riverbed must decrease as the discharge increases he was correct:

"... *i fiumi i quali si fanno grandi per lo concorso d'altri minori, hanno il loro fondo disposto a modo di un poligono*, o sia di una figura di più lati, de' quali i più alti facciano angolo maggiore con l'orizzontale, ed i più bassi minore, ed in oltre gli angoli tutti siano all'intorno de' punti delle confluenze; il quale poligono si può anche considerare, in un certo modo, per una specie di linea curva, concava nella parte superiore." (Corollario IV, p. 114-115)

De Marchi also considered the above conclusion correct, although based on dubious arguments (De Marchi, p. 101, line -10).

Guglielmini took into account the effects of differences in materials over which the waters ran and dug their channels. He found a difference between rivers running upon homogeneous and non-homogeneous materials. He distinguished between rivers running over sand or silt and rivers running over gravel or over coherent materials. He was especially concerned about rivers running over gravel, and wrote a note entitled "Della linea cadente di fiumi che corrono in ghiaia" (De Marchi, p. 32. 3c).

Like Leonardo, Guglielmini was concerned with the materials carried by the rivers. According to Guglielmini such materials could be divided into three categories:

"Di tre sorti sono le materie portate da' fiumi; poichè altre sono spinte sempre radente il fondo senza incorporarsi con l'acqua; altre s'incorporano coll'acqua medesima; ed altre galleggiano. Queste ultime hanno la loro gravità specifica minore di quella dell'acqua; ma le altre due l'hanno maggiore o eguale. L'egualità però del peso

specifico, che può trovarsi nelle materie veramene incorporate coll'acqua, qui nonmerita cossiderazione veruna; come che è cagione che esse seguitino i moti, e per così dire, la sorte dell'acqua medesima; perciò nel nostro caso possono considerarsi, come non differenti da essa. Resta dunque che nelle *materie tanto spinte che incorporate, si debba intendere una gravità specifica maggiore di quella dell'acqua*; con questa differenza però che le prime (essendo di mole, e peso assoluto, assai grande) resistono più all'essere sollevate dal fondo; ma l'altre, per la picciolezza della loro mole, non ponno impedire che il moto dell'acqua non le solleevi, e mantenga quasi unite alla propria sostanza, la quale però, perdendo, nella mescolanza di tanti corpicciuoli opachi, la sua diafaneità, si chiama torbida; mentre al contrario le altre, che restano al di sotto, o al di sopra, non turbano la sostanza dell'acqua. E qui pure dee mettersi da parte un'altro caso come non addattato alla materia presente. Si trova nell'acqua (anche stagnante ed'a giudizio d'ogni senso, in riposo) un moto perenne, che può tenere sollevate delle particelle di materie più dell'acqua gravi; le quali perciò restano unite al corpo dell'acqua medesima, come sono i ramenti de'sali, delle tinture, e di altre simili sostanze." (p. 125, 2nd §)

De Marchi said, referring to the discussion of transport phenomena in rivers:

"Anche il meccanismo del trasporto dei materiali, al quale si debbono i fatti di *'alluvione, replezione e deposizione di materie'*, è dal Guglielmini mirabilmente indagato e spiegato; e anche qui si tratta di vera e propria esplorazione di un campo vergine dell'idraulica (sul quale egli doveva tornare diversi anni più tardi nella memoria *'De salibus'* . . ." (p. 105 De Marchi 1947).

I think, De Marchi was not too familiar with Leonardo's notebooks, and anyway he was concerned with Guglielmini alone. There is much that one can conclude comparing the views about transport phenomena by water of Leonardo and Guglielmini. I, with limited space and time, can only make a survey and select some representative examples. They must, of course, touch on rather fundamental questions. One such question is that of the bed load in rivers. Guglielmini was concerned with the transport of materials that can be lifted by running water only occasionally. Let us read some of the statements he made about such materials:

"Le materie pesanti che non ponno se non con violenza separarsi dal fondo, per lo più sono sassi, e ghiare, ed in qualche caso, arene assai grosse, oltre altre materie che per accidente possono trovarsi ne'letti de'fiumi; queste rare volte sono sbalzate in alto dall'acqua (il che succedendo, quasi immediatamene, precipitano al fondo) ma bensì sono spinte, o lateralmente, o al lungo del corso; o pure cumulate in un luogo; dal che ne nasce, sì la varietà è sempre costante mutabilità degli alvei de'fiumi che corrono in ghiara sì quel continuo corso, non solo di acqua ma di sassi, all'in giù che rende meraviglia a chi osserva, ciò sempre succedere, senza che perciò i fondi si

elevino. Ed in fatti sembra a prima vista difficile da concepire, che dalle rupi vicine, continuamente si svellano sassi, e siano portati negli alvei de'fiumi, dai quali mai non escono, che alle volte, per opera umana; e con tutto ciò non oltrepassino un certo sito assegnato a ciascun fiume dalla natura, o sia dalla combinazione delle cause che concorrono a questo effetto; senza però formarsi nell'alvei, montagne di sassi, come, pare a prima vista, dovrebbe succedere a riguardo della loro abbondanza." (p. 126, 1st §).

"Sè però si considererà la natura delle arene, che nient'altro sono che pezzetti di sasso stritolato, siccome i sassi molte volte sono composti di arene insieme unite; ed in oltre se si osserverà che la forza dell'acqua opera contro di essi continuamente col suo corso spingendoli a percuotersi, ed a farli scorrere l'uno sopra l'altro (al che va necessariamente congiunto un continuo sfregamento, mediante il quale si vanno perpetuamente logorando dicendevolmente: come ne fa piena fede il continuo mormorio, che si sente ne'fiumi, i quali corrono in ghiara; effetto non tanto del moto dell'acqua. che urta e si rompe in essi quanto del reciproco dibattimento de'sassi) e di più se si avvertirà alla gran copia de'rottami; alla pulitura, che ricevono ed a molti altri manifesti segni di logoramento, che si riscontrano nelle ghiare de'fiumi; se, dico, tutto ciò si considererà facilmente si potrà credere che i sassi continuamente si disfacciano in arene, e che richiedendosi all loro intero consumo una quantità determinata di questo sfregamento (che in un certo grado, porta seco una determinazione di tempo e di spazio) venga tutto ciò terminato dentro il sito, che sta di mezzo fra il principio del fiume, e l'ultimo limite delle ghiare." (p. 126, 2nd §),

Guglielmini described in detail the work water does on the materials of a riverbed breaking stones into gravel and then into sand. (See discussion of previous quotation)

Only a small fraction of the many conclusions Gulielmini draws from his study of rivers can be mentioned in this comments of his treatise. Here is my choice

Proposizione Sesta

Se un fiume, che corra sopra un fondo, che resista all'escavazione richiederà tanto tempo per compirla fino al segno, che richiede la propria forza e permette l'inclinazione dell'alveo, e che prima d'esser' essa compita, sia portata nell'alveo altra materia della medesima natura; anderà il detto fiume continuamente scavando il suo fondo, che sarà stabilito fra due termini l'uno determinato dalla massima altezza che può farsi per replezione; l'altro dalla massima bassezza, fatta nell'escavazione. (p. 128, Proposizione Sesta).)

The last quotation from Chapter V is what his author calls "compimento", on which he deals with the "linea cadente del fondo" relative to the Earth as a spherical body, a subject that preoccupied Leonardo, and probably many others, centuries before:

"Abbiamo fin ora addotte le cause che concorrono a stabilire la situazione del fondo; resta ora, per compimento di questo capitolo, da determinare il principio dal qual vien regolata la distanza delle di lui parti al centro della terra; attesochè ponno due fiumi avere nel fondo una situazione affatto uniforme, sì nella lunghezza, che nella degradazione delle cadute ancorchè le parti simili delli alvei dell'uno e dell'altro siano diversamente distanti del centro della terra come evidentemente dovrebbe succedere se uno entrasse nel mare cadendo da una cateratta, chiusa o sostegno; e l'altro entrasse placidamente, portando la sua superficie ad unirsi insensibilmente a quella del Mare. Questo caso assai bene insegna che l'altezza o bassezza degli alvei de'fiumi, de'quali sia stabilita la linea cadente de'fondi, unicamente dipende dagli sbocchi il fondo de'quali dee servire per base a tutta la parte superiore del fiume, disponendo sopra di esso tutte le linee o declività che competono a tutte le parti dell'alveo, fino alle fontane, dalle quali tirano l'origine i primi rivi. Se però il fiume non avrà il letto seguito, e continuato dal principio al fine, come se sarà interrotto, o de cateratta, o da laghi, paludi, e simili; si debbono considerare queste, come il fine del fiume, ed assumere la parte superiore della caterata, o la foce dell'inmisario come un nuovo sbocco, sul quale s'appoggi l'intera situazione delle parti superiori. Ma di ciò, più a lungo discorreremo nel Capitolo Ottavo, siccome tratteremo più ampiamente della larghezza dei fiumi in altri luoghi, secondo che porterà l'occasione della materia." (p. 137, 2nd §).

I am taking in this study a geophysical approach, like I did in a fluid-dynamics graduate course (Geophysical Ecological Fluid Mechanics) I taught at the University of Iowa, because I found that in the many texts on hydraulics I examined during my teaching years, I never found one that would take a planetary, or geophysical, view of rivers, although those books dealing with the dynamics of the seas did it systematically. However, a river is incised on the surface of the geoid; as Leonardo commented, the bottom of a channel of uniform slope on the surface of the Earth describes a spiral.

GUGLIELMINI. CAPITOLO SESTO

della rettitudine e tortuosità de' fiumi

In this chapter, Guglielmini undertook the study of the planimetric shapes of rivers which are of a great diversity and -given time - can undergo great changes. He notes that some of the rivers

" . . si distendono in una linea retta, dal suo principio fino al fine; ed'altri, ora s'incurvano formando angoli assai grandi, ora s'increspano nelle curvità delle corrosioni, ora si raggirano in mille meandri: nel che si deve riconoscere, o un fine particolare della natura, o pure una necessità inevitabile che obblighi i fiumi a prendere strade diverse, l'uno dall'altro." (p, 150, line 10)

Guglielmini notes that according to the physicists, there is an axiom, which would prescribe the straight line as the shape for many things, including rivers, and he adds

"S'io cosidero la natura nella sua semplicità , difficilmente posso darmi a credere ch'ella affetti altra strada che di linee rette; poichè corre un assioma comune fra fisici che la *natura opera sempre per i mezzi e strade più compendiose*. Quindi è, ch'essendo l'intento della natura di portare per gli alvei de'fiumi le acque di essi al suo termine, cioè al mare o a'fiumi maggiori; è difficile d'immaginarsi il fine, per lo quale sceglie ella vie oblique e tortuose per lo corso de'fiumi, duplicando molte volte e triplicando la lunghezza della strada che per una sola linea retta, s'avrebbe brevissima. È dunque necessario il dire che *l'obliquità del corso de'fiumi, sia una necessità indotta dalle circostanze, e dall'azioni delle cause parziali, che concorrono alla generazione*, per così dire, *degli alvei*; e che essendo sommamente difficile il fare che un moto prodotto e diretto da più cagioni, seguiti la retitudine di una linea; necesariamente perciò succeda che i fiumi prendano strade oblique e tortuose secondo la diversità, o delle resistenze, o delle cause, che o s'uniscono o succedono l'una l'altra nell' operare." (p. 150, 2nd §, line 8).

After referring (as Leonardo also did) to the voracity of rivers and the catastrophes they may bring upon us, Guglielmini notes that many efforts turn out to be futile, when trying to avoid those problems, and he says

"Io non pretendo con ciò di condanare l'uso di difendere le sponde de'fiumi; e molto meno di dar regole di farlo sicuramente. So quanto egli sia difficile, e quanti riguardi, e cautele si richiedano, a chi ne intraprende la pratica. Ne mi è ignoto che molto insegna l' esperienza, e l'esperienza del fiume, in cui si travaglia, la cognizione del quale , rispetto alle proprietà individuali, è a fatto necessaria. Non deve però l'esperienza andare scompagnata dal lume, che somministrano le cognizioni teoriche; altrimenti rimarrà ella affatto allo scuro, qualunque volta manchino le circostanze alle quali resta ella appoggiata. Pretendo bene di porgere qualche lume alla pratica, per altro cieca degli architetti delle acque, acciochè dalla cognizione delle cause, possano condursi più facilmente a quella degli effetti, e proporzionare a quelle, ed a questi, le loro invenzioni; e ciò senza uscire dal mio istituto, qual è di rendere palese la natura de'fiumi; addurre le cagioni degl'efetti, che in essi si rincontrano e di mettere in chiaro le regole osservate dalla natura medesima, nella condotta de' fiumi. (p 151, 2nd § to p.152)

At the end of his introduction to Chapter VI, Guglielmini explains his approach

"Mi è ben convenuto di separare le cause l'una dall'altra considerando ciò che dall'una, presa sola, può derivare, senza unire l'efficienza di più di esse insieme congiunte. Poichè (oltre che avendo destinato di fare altrimenti, mi sarebbe stato necessario d'intraprendere un trattato intiero) ho creduto, che chi avrà beninteso il

modo di operare d'ogn'una delle cause addotte, potrà facilmente dedurre ciò, che possano due, o più di esse congiunte. Nè ho mancato di dare di passaggio qualche avvertimento a'pratici, che potrà loro giovare nella costruzione, sì de'ripari, che degli argini, i quali si fanno alle sponde de'fiumi tortuosi. Seguitando perciò l'intrapreso metodo, ho distesa tutta la materia in alcune proposizioni, dalle quali ho dedotti gli opportuni Corollarj, ne'quali ho, cred'io, spiegato tutto ciò, che può appartenere al soggetto di questo capitolo."(p. 152, 1st §, line 6)

Guglielmini believed that "essendo la resistenza dell' alveo eguale per tutto, non vi è ragione alcuna, per la quale l'acqua debba corrodere più una sponda, che l'altra; non potranno esse dunque essere corrose dall'acqua." (p.161, - 4)

Corollario

Di qui nasce che i fiumi, i quali hanno gli alvei in linee rette, non ponno farsi tortuosi, che per cagioni accidentali, delle quali parleremo più abbasso" (p. 162)

Proposizione Quarta

"Se la sezione di un fiume retto sia stabilita, tanto in larghezza quanto in profondità, e la figura di essa sia quella di un paralellogramo rettangolo, sicchè le sponde della medesima siano perpendicolari all'orizzonte, non sarà mai essa alterata del corso dell'acqua, quando quella sia chiara; ma se la medesima sarà torbida, o porterà sasso, sarà altresì necessario, che le sponde si corrodano; e che nella sezione si faccia inclinato il fondo, dalle sponde verso il mezzo di essa." (p. 162)

Guglielmini's Fig. 26 is used to illustrate a long explanation about the survival of the rectangular cross-section of a canal if the water in it is clear. However if we introduce sediment-laden water there will be erosion and the cross-sectional form will be modified:

" se l'acqua corrente sarà torbida sarà necessario che il fondo della sezione s'abbassi nel mezzo, se levi nelle parti laterali e nelle parti superiori s'allarghi ."(p 162 -2, to 162 +1)

Referring to Fig.26 and what it meant to Guglielmini, De Marchi expressed the following opinion:

" . . e anche in questo campo il Guglielmini esplora con occhio penetrante territori che la mente umana non aveva mai percorso prima di lui - come le sezioni naturale dei fiumi diritti presentino profondità maggiore nel mezzo che ai lati, e nel mezzo sia il *maggior corso* o il filone dell'acqua." (De Marchi 1946. p. 110), which must be confronted with the knowledge Leonardo documented in his notebooks two centuries before.

The opinion that meandering originates because of lack of uniformity of the river bed material, was clearly stated in proposizione Quinta (Guglielmini Fig. 27)

Proposizione Quinta

"Se l'alveo di un fiume retto sarà composto di materia la quale disegualmente resista al corso dell'acqua; ivi maggiormente si escaverà il fondo, dove sarà materia meno resistente e si eleverà dove la materia sarà più tenace."

"Sia la sezione del fiume retto ACDEB, che supponiamo in prima, sia di un fiume, che abbia l'alveo composto di materia poco uniforme; e perciò supponiamo che la parte CD sia di materia poco resistente, e la DE di materia molto resistente: dico che la parte del fondo CD siprofonderà, e la DE si eleverà." (p. 164, Fig. 27.).

"Posciachè; o sia l'alveo fatto per escavazione, o per deposizione, supponendo, che eguale sia la forza dell'acqua tanto in CD, che in DE; e che in CD sia minore la resistenza del fondo, se la forza agente sopra DE è quella, che precisamente impedisce le deposizioni, e la resistenza di DE quella, che impedisce le escavazioni; non potrà il fondo DC resistere al profondamento, addimandando minore declività per ostare alla separazione delle parti del terreno; supponiamo adunque, che l'escavazione siasi fatta fino in FD, essendo adunque in FD accresciuta l'altezza dell'acqua v.g. GF, ivi correrà con maggior velocità di prima, e renderasi più potente a maggiormente scavare; ma quando cresce la velocità dell'acqua in GF tanto scema in HI, anche per essersi accresciuta la sezione, di quanto importa la figura CFD; addunque, se la velocità primiera in I era precisamente quanto bastava per impedire le deposizioni; scemata che sia non farà più sufficiente ad impedirle. e per conseguenza facendosene ivi, s'alzerà il fondo DE v.g. in DK, fino a formare la pendenza, che s'uguali con la velocità HN; addunque il fondo CD si abbasserà, ed il fondo DE si eleverà se la resistenza di essi sarà diseguale." (p. 164, line -8, p.165, +12))

I have quoted often in extenso because it is important to make the point of how each generation has seen some phenomena through the glass of what they thought was the most advanced state of the science they believed applicable to the case. That the Torricellian velocity would be make fit almost anything having to do with flow with a free surface seems so mistaken now. I think of somebody proclaiming, "Descartes was wrong", or "Darwin was wrong". It seems so silly not to realize that men with great talent can only put it to use within a frame that is almost inescapable, and even when they make an important improvement is still marked by the inherent intellectual limitations impressed upon their generation, precisely because no man is an island, and any mind has unavoidably many received notions, beliefs, conditioning, etc.

When I first saw Guglielmini's Fig 28, I thought I would find a text describing how he conceived the process of generation of meanders, but unfortunately he assumed a sinuous pre-existent channel and offered only a discussion of how the sinuosity may be increased by the scouring powers of the water. Thus after describing how the water will flow down the inclined sinuous channel he concluded:

Corollary II

"Se tale sarà la velocità per AB, che, paragonata all'inclinazione di AB, ed alla resistenza della materia, possa escavare, formerassi l'alveo al corso dell'acqua per la tortuosità predetta e la concavità si farà maggiore. Vero è che, se le sponde saranno composte di materia, che possa essere corrosa, non si stabilirà l'alveo precisamente secondo il tipo della concavità ABCDE; ma solo a un dipresso, potendosi per la troppa strettezza delle tortuosità formare delle corrosioni ne'concavi, e delle aluvioni ne'convessi di esse, come se dirà a suo luogo." (p. 167))

I also had expectations about Fig. 29 (Guglielmini) that were not fulfilled, because the author, referring to water in a curve of the river, only says

"... Vero è, che essendosi in B accelerata di moto (il che le è più facile, che se fosse un corpo solido) se troverà, discesa che sia per AB, la sponda opposta inclinata alla verticale DB, secondo la misura dell'angolo DBM, potrà scorrere qualche poco all'insù sopra di BM, ma se l'acceleramento non sarà tale da fare ribalzare l'acqua fino alla sommità della sponda M, sarà necessario ch'ella torni a discendere, per esempio per MBC e per ciò ritornata in B, seguiti il corso della concavità BC." (p. 167, Corollario Primo).

Chapter VI is rather extensive, and I can make room only for one more topic to be referred to in some detail to make possible the comparison with the corresponding material in Leonardo's "Libro dell'Acqua". This has to do with the implantation of an obstacle in a river in order to obtain some desired change in the behavior of the river, most of the time with the desire to make an improvement. I am concerned here principally with the flow pattern associated with the modification introduced, which establishes a marked difference between our two Italian authors.

Proposizione Settima (Fig.30)

"Se un fiume, o retto, o tortuoso, che corra con insigne velocità, incontrerà un resistente perderà l'acqua qualche grado della velocità primiera ed elevandoi, swi formerà un conato atto a spingere il coswo del fiume dalla parte opposta del resistente." (p. 169)

As part of the discussion for this proposition we find a long, very confusive analysis of the flow pattern that may result from the insertion of an obstacle on one side of a river. This is in such an extreme contrast with the approach Leonardo took about the same question that one needs to go through this long page to realize how great was the difference of the two minds.

"Poichè, essendo il resistente BE capace di ricevere in se, e comunicare a'corpi vicini qualche parte dell'impeto dell'acqua corrente da A in B; egli è certo che incontrandosi il fiume colle direzioni AB, GH, IE, nel resistente BE, quanto d'impeto comunicherà a questo tanto ne perderà esso; rallentata per ciò la velocità dell'acqua, converrà che passi con minore velocità, e sopravvenendone dell'altra che si elevi. Suppongasi adunque che l'altezza del resistente BE sia BF, e che l'altezza dell'acqua non impedita fosse per essere BP e dell'impedita BF: e perchè l'altezza FB produce in B maggiore velocità, accrescendosi FB, si riparerà la velocità perduta in B; ma essendo la velocità nata dall'altezza dell'acqua, figlia di un conato che può produrre le direzioni verso tutte le parti; e le produce verso quella nella quale sono minori le resistenze; per ciò l'altezza BF rivolterà il fiume verso quella parte alla quale mancheranno le resistenze, cioè lo scosterà dal resistente BE, v.g. verso OM. Ma qui restano da considerarsi due cose; la prima si è, che si suppone, per virtù del resistente BE levata una parte dell'impeto, ma non tutto; perciò l'acqua portata per la direzione AB, sarà ribattuta per la BO, la cui direzione sia tale, che faccia l'angolo di riflessione prossimamente eguale a quello dell'incidenza, e similmente l'acqua portata per GH sarà rivoltata in HM, &c. Il secondo punto al quale si dee riflettere è che quando le direzioni AB, GH, IE &c non s'impediscono l'una l'altra, veramente sono parallele; ma quando la direzione, v.g.. AB è rivoltata in BO, allora BO viene impedita dalle altre direzioni, GH, IE, &c. Quindi è che l'acqua B ribattuta per DO, arrivata vhe sia in R, troverà un'altra forza, e direzione GR, dalla quale sarà spinta, e perciò dovrà abbandonare la linea RO, e volgersi per un'altra, che sia diametro di un parallelogramo, i cui lati abbiano la proporzione delle forze, o degli impeti GR, BR, come si è spiegato alla proposizione seconda. Supponiamo dunque che la proporzione delle forze BR, GR, sia quella di RS ad RH; adunque l'acqua, ch'è nel punto R, si volterà per la linea RT; e di nuovo arrivata in T, perchè ivi si combinerà con la direzione ST, non potrà seguitare la RT o la ST; ma dovrà portarsi per un'altra che stia di mezzo fra le medesime; e perciò considerando le combinazioni che si fanno d'una linea riflessa con tutte le direzioni parallele GR, IE &c non potrà farsi la riflessione da B in O; ma per la strada v.g. BRT &c, di nuovo si porterà verso il resistente BE. Se però si metteranno a conto tutte le riflessioni fatte da'punti tra B ed E, colle loro direzioni e potenze e si combineranno con le parallele tra AB, IE, e le loro potenze; si formerà dal corso dell'acqua una linea la quale in B sarà più lontana della linea BE; ma in E più vicina: e la ragione si è, che le direzioni AB, GR, hanno minor impeto, per essere assai vicine alla ripa; e la IE molto maggiore, per essere più vicina al mezzo; ed essere meno impedita dalle combinazioni delle direzioni parallele, che verso E, e perciò maggiore sarà la riflessione in B che in E; tal linea può essere o retta o curva,

secondo la proporzione colla quale si accrescono le potenze procedendo da B verso E; ma per lo più sarà curva, attesa la rigorosa uniformità, che si richiede nelle proporzioni, e ne'moti, acciò tal linea sia retta. Saranno adunque dal resistente BE rivoltate tutte le direzioni parallele verso la sponda CD; e conseguentemente intersecando esse tutte le altre parallele, che non incontrano il resistente BE, faranno loro cambiare direzione e voltare contro la ripa D; la quale sarà corrosa (1) per essere batutta dalle direzioni mutate, e rese più vigorose dall'alzamento dell'acqua lungo BE, il cui conato non potendo agire contro il resistente, nè contro il corso del fiume, darà maggior impeto all'acqua per la direzione BE, o per quella, che risulterà al corso del fiume dalle cause sopradette, (2) perchè restringendosi tutto il corso dell'acqua in DE, dovrà questa elevarsi' e per conseguenza, resa più veloce siprofonderà e si allargherà l'alveo dalla parte di D, nella quale si suppone minore la resistenza." (p. 169, -12 to p. 171, 16)

I think I have given enough detailed evidence of the way Guglielmini approached fluvial hydraulics both in the formal and the substantial aspects. I will deal with the remaining chapters of Guglielmini's book mostly in a summary fashion. To agilize the discussion, I will try to use more comparisons of figures than confrontations of text.

GUGLIELMINI. CAPITOLO SETTIMO

De'moti che s'osservano nell' acque de'fiumi in diverse circostanze.

Guglielmini notes at the beginning of this chapter that in addition to the topics covered in previous chapters there remain yet many others to be dealt with as one goes from the source of the river to its end at the sea:

"Abbiamo toccate, in più luoghi di questo trattato, molte particolarità concernenti al movimento dell'acqua, dentro gli alvei de'fiumi, secondo che ha portato l'occasione, e la materia; ma perchè ve ne restano molte altre che meritano, e di essere avvertite, e di essere risolte nelle loro cause; perciò ci daremo a considerarle separatamente in questo Capitolo passando dall'una all'altra coll'ordine medesimo, che porta il progresso d'un fiume dal suo principio al suo fine." (p. 203. 4 - 11).

The contrast between the chaotic writings of Leonardo and the well organized of those of Guglielmini emerges all the time in my mind. Leonardo, a constant generator of new ideas, postponed time and again writing in a systematic manner in order to have the freedom of jotting down new inspirations chaotically so that such ideas would not be lost. Thus his books could never be constructed. Is perhaps writing books a way of interrupting creative habits? Education in one of the best universities

of his time enabled Guglielmini to write well, excellently, masterly, but perhaps by engaging in writing a treatise he brought to an end of his creativity in hydraulics. Thus an envisioned second volume was never written. Of course, we may think that is better to have one good volume than none.

I will quote in full the second paragraph on this page, 203 Guglielmini, because it is about a problem considered also by Leonardo, when he discussed a flood coming up against a gorge, and going up in one sense and rushing down in the other.

"Per intraprendere dunque questa ricerca, immaginiamoci una fonte, che dia il primo alimento ad un fiume, somministrandoli per esempio, in un secondo di tempo, cento determinate parti di acqua, le quali, per uscire dalla vasca del fonte, siano obbligate a passare per la sezione d'un canale, la quale sia tanto angusta, che, attesa la velocità, la quale ponno avere in essa le parti dell'acqua nel uscirne, non permetta il passaggio, che a la metà di esse, nel detto tempo di un secondo. Se ciò è, parimente è necessario che la metà dell'acqua che dà il fonte sia trattenuta nel ricettacolo; e che perciò elevandosi di superficie l'acqua della vasca, cresca egualmene in altezza, dentro la prima sezione, fin tanto che questa, o per l'accrescimento dell'area o della velocità rendasi capace di scaricare, in un dato tempo, tant'acqua quanta nel medesimo, viene somministrata dalla fonte. (p. 203, 12 - 25)

I have already mentioned that in an effort to use an incipient science of hydraulics, the notion that the velocity distribution had to be parabolically "Torricelian" dominates this book. Each time, one begins with that which is so wrong an assumption; one immediately has to find how to accommodate the reasoning to the known real behavior. The quotation here refers to Fig. 42 (Guglielmini).

"Per accostarsi più da vicino a ciò, che abbiamo in animo di spiegare, intendasi correre l'acqua con le velocità della parabola BAC; e suppongassi, che, per lo sfregamento del fondo l'acqua sia impedita; e sebbene abbia un'altezza che possa produrre tutta la velocità BC; nondimeno detratta la forza degli'impedimenti non produca, che la BD; e così restino sminuite tutte le velocità superiori, ma sempre meno, di maniera che le velocità così impedito terminino alla curva AED: egli è ben evidente che, essendo levata dalla parabola la parte AEDC non potrà coll'altezza AB, avere l'acqua tutto lo sfogo, che l'è necessario; ma bisognerà che si elevi v.g. in N; imprimendo dunque con tale accrescimento di altezza, maggiore velocità a tutte le parti dell'acqua sottoposte; accrescerà la BD, v.g. in P; e tutte le altre proporzionalmente, in maniera che, coll'elevarsi che farà successivamente l'acqua e coll'accrescersi nel medesimo tempo le velocità dell'acqua inferiore; alzata che sia l'acqua in N sia fatto l'accrescimento ANO, eguale al difetto POC, sarà dunque la linea NOP quella che regolerà le velocità impedito della perpendicolare NB, e che

più o meno varierà dalla natura della parabola, secondo che maggiori o minori saranno gl'impedimenti del fondo. (p. 205-206, Fig 42).

Why there was no correction for the surface velocity? It is difficult to explain why so much effort was used to adjust velocity on one side, and not on the other. To do that, a correction had to be based on what was observed without knowing why it was so. The lower bound velocity was corrected because they rationalized that there was "sfregamento". But, apparently, no rational cause was found for the rather high real surface velocity in a river; it was thus ignored. Empirical corrections, apparently, were not favored.

Tavola 9 contains two figures which do not fail to arise interest when shown to hydraulic engineers, because they illustrate two instances of a supercritical flow upstream which changes one way or the other, depending on changes in the bottom profile of the channel. Any student who has taken an open-channel-flow course usually knows these examples. This is one of the salient features of Chapter VII and I will reproduce the figures illustrating the above two cases together with enough text. To show Guglielmini's understanding of the phenomena involved. In Fig. 45, we have a supercritical flow, which changes but remains supercritical all the way downstream:

"... la linea FA sia il fondo di un fiume, per lo quale scorra l'acqua, la cui superficie sia DE, e sia detto fondo così inclinato, che l'acqua arrivata in E abbia un'impeto o velocità dovuta alla discesa GE; ed ivi ritrovi l'impedimento AB, il quale faccia angoli ottusi colla direzione DE; ed in oltre sia la di lui altezza perpendicolare, molto minore della GA, e la lunghezza tale che possa essere scorsa, non ostanti gl'impedimenti, per virtù dell' impeto prima conceputo dall'acqua. Ciò posto, arrivata che sia l'acqua in E, non v'ha dubbio, che incontrando l'ostacolo AB, non sia per ritardarsi; ma non interamente; onde, conservando qualche parte del proprio impeto, potrà scorrere per la acclività AB, ed anche sormontarla, finché trovando la discesa libera per BC possa continuare il suo corso. In questo caso egli è evidente che, sebbene una porzione di acqua ricadesse da B in E ciò però non ostante, la forza di DE di nuovo la respingerebbe verso B, e se a tanto on bastasse, una parte ristagnerebbe nella concavità E, e facendo crescere l'altezza fino ad AH, abbrevierebbersi e renderebbersi meno acclive la strada HB la quale finalmente potrebbe essere scorsa dall'acqua mediante l'impeto acquistato per la discesa DH. Quindi è manifesta la ragione per la quale, *quando un fiume di tal sorte incontra un ostacolo, si alza la di lui superficie sopra l'ostacolo medesimo, più di quella che le sta attorno; e se l'ostacolo è continuato da una ripa all'altra, come farebbe una chiusa, o pescaja, tutto il fiume corre, in qualche parte, all'insù, prima anche di arrivare all'ostacolo sopra del quale sta a perpendicolo la maggior altezza del corso acclive: e questa è una eccezione alla regola. che l'acqua sempre corra al basso.*" (p.209, line 13, p. 210, line -15)

The author tried here to establish a criterion to identify what it is now considered to be "supercritical flow " (more precisely, a flow with Froude number greater than one) so that water flow, as shown in his figure, over some obstacles, but I think he only goes around in a circular argument. It is better then, to move on to the point in which he offers a way of telling whether a flow is "supercritical" or, in his terminology, "con impeto preconcepato" (p. 210, line 4). The clearer situation is that described at the end of the following paragraph:

"Tutto il contrario succede a quegli impedimenti, che spuntano fuori dell'acqua, come sono le ripe de'fiumi; poichè *non tanto s'alzano le acque vicino a'froidi, in fiume basso quanto nella piena di esso*; e la ragione si è perche quando il fiume è pieno maggior copia d'acqua viene impedita; e perciò dee maggiormente alzarsi, che quando è mezzano o basso; concorre anco a ciò parzialmente *il rinfrangersi che fa l'impeto della discesa maggiore in acqua alta che in acqua bassa*; si perchè la superficie è più lontana dagl' impedimenti del fondo; si ancora perchè la cadente del pelo è più declive; questa pure è la causa, *che un palo piantato dentro l'alveo d'un fiume, se questo è basso o poco veloce viene lambito dolcemente dall'acqua; ma essendo il fiume pieno, o costituito in velocità considerabile s'eleva l'acqua incontrandola.* (p. 210, -14 to -1)

There is a drawing (or two) by Leonardo illustrating precisely this situation of water climbing against a "palo piantato" in a supercritical flow, as we call such a condition nowadays.

Il mantenersi dell'acqua più alta, vicino alle concavità delle botte che sopra le spiagge all'incontro, procede dal continuo farsi, e disfarsi, di tale altezza; poichè nel tempo che l'acqua elevata sopra il livello dell sua vicina, tenta di spianarsi sulla superficie di essa, ne sopraggiunge della altra, che ritorna in essere l'effetto primiero; quale perciò tanto dura, quanto le cause che lo producono. "

"Un non so che di simile s'osserva nelle cadute dell'acque per li canali molto declivi e ristretti i quali terminano in canali molto meno declivi, e più larghi." (p. 210, -1 to 211, 9).

Before continuing with the quotation, let me comment that Guglielmini's description of "farsi, e disfarsi" reminds me of the study I made of a rather slow ascending vertical jet that climbs up, falls onto itself, and raises again, and so on and so forth (see the series of Karlsruhe experiments). Almost vertical ascending jets are also exciting phenomena to study.

I find rather interesting the discussion of supercritical flow connected to a subcritical one through a hydraulic jump (Fig. 46 G.):

"Sia il canale più declive AB, ed il meno declive BG (Fig 46 G), e sia la lunghezza del canale AB; discenda l'acqua per AB, accelerando il suo moto, ed abbia in B quella velocità ch'è dovuta alla caduta CH; supponiamo ancora, che l'acqua, uscendo da B, ed entrando nel canale BG meno declive; ma più largo richieda, per iscaricarsi, l'altezza BE minore della CH; s'osserva in tal caso, che l'acqua per AB non porta la sua superficie CD, ad unirsi con quella di EF; ma si profonda, come in ED, sotto del livello EF, e l'acqua resta in ED sospesa, conservandosi la superficie dell'acqua corrente in CDEF. La ragione di questo fenomeno è che, avvedo l'acqua, per la discesa, acquistata velocità maggiore di quella, che possa produrre l'altezza EB; è necessario conseguentemente, ch'essa scacci l'acqua IDB dal suo luogo, e continui il corso per IB: e perchè l'acqua BD uscita dal canale AB, ricerca l'altezza BE; perciò arrivata in B si eleva in E, e comincia a discendere in EDI: e perchè arrivata in D, è trasportata con maggiore velocità di quella, le possa essere somministrata cadendo da E in D, essendo maggiore la velocità della discesa CD, di quella dell'altezza ED; perciò è necessario che vi resti il vacuo EDI, se non in tutto almeno in parte. Per la stessa ragione ponno sostentarsi alla medesima altezza IE le sponde di acqua laterali al vacuo IDE; le quali però, comechè vanno somministrando maggior copia d'acqua alla vacuità IDE, la renderanno minore; onde più sensibile sarà l'effetto predetto, se continuandosi le sponde del canale inclinato impediranno la caduta dell'acqua laterale. Il medesimo effetto s'osserva se, annesso al canale inclinato ne succeda uno, o orizzontale, o poco inclinato; ma della medesima larghezza del predetto, e che finalmente termini in uno assai largo; poichè nel canale di mezzo si vedrà l'acqua corere, colla superficie molto più bassa, che nel inferiore più largo, continuando per qualche tratto, nel canale di mezzo, la velocità acquistata nella discesa per lo primo; e vi è apparenza, che, se il detto canale di mezzo fosse lungo considerabilmente, la superficie dell'acqua corrente per esso, si dovrebbe rendere acclive, a misura che le resistenze di esso impedissero la velocità acquistata nella discesa per lo canale inclinato." (p. 211, line 9, p. 212, line 6)

In Fig. 45 and 46 G we see lines, which are indicators of flow of water, but they are not drawn by a mind that wants to represent flow configurations by means of streamlines. The connection between the upstream flow and the downstream flow in Fig. 46 is particularly a complete failure in this sense. I can immediately tell who knows fluid flow kinematics and who does not by taking a look at his drawings. Leonardo was a great kinematicist (even with all his mistakes), while Guglielmini was not very good as a kinematician.

In Chapter VII we find a discussion of fluvial flow patterns. After a brief reference to the main current within the river, or "filone" (defined on p. 57 G), our author deals with vortices, and scour holes

"È superfluo di ripetere in questo luogo le cause per le quali, *negli alvei diritti, il filone mantiene il sito di mezzo dell'alveo, e ne'tortuosi passa da una sponda all'altra, accostandosi alla riva* nel vertice delle corrosioni e delle botte; e parimente, per qual caggione il medesimo *filone segua* col suo andamento, *la maggiore profondità dell'alveo, è talora l'obblività delle sponde*; poichè questi, ed altri simili problemi, sono stati spiegati ne' capitoli antecedenti. (p. 213, line 4 to 11).

According to Guglielmini, fluvial vortices are of two kinds. Those of the first kind are at the water surface, and usually exhibit an air core; those of the second kind ("ciecchi") are usually submerged and exist within the water mass:

"Passo adunque a considerare due particolari, che sono i vortici, che si fanno ne'fiumi; ed i gorgi, che si generano negli alvei de'medesimi. Quanto a'primi, è da sapersi, che questi sono de due sorti posciachè *altri derivano dalle voragini, che assorbono l'acqua dal fondo o dalle sponde de'fiumi* e sono causati da due direzioni combinate, l'una perpendicolare verso il foro della voragine, l'altra, o orizzontale, o inclinata lungo il corso del fiume. Nella generazione di questi vortici ha anche gran parte la pressione dell'aria; e perciò mole volte sono aperti e come forati nel mezzo a modo d'un'imbuto; onde è, che l'acqua cadendo con gran velocità, nel vacuo del foro predetto, porta al vaso i corpi galleggianti, che vi precipitano dentro spinti dall'aria superiore, che fa sforzo per sottentare nel luogo di quella, che dal vortice medesimo continuamene viene ingojata: incidente che apporta un grandissimo pericolo alle navi che sopra vi passano." (p. 213, line 12).

"Gli *altri vortici de'fiumi si chiamano ciechi* e non sono altro che certe circolazioni senza veruno assorbimento d'acqua, ch'esca dall'alveo del fiume, cagionate dalla diversità delle direzioni, fatte, o dall'ineguaglianza del fondo del fiume, o dall'incontro delle ripe, ed altri ostacoli; o dalla disuguaglianza del livello nelle parti dell'acqua; e questi, o sono mutabili di sito, o no, secondo che le loro cause efficienti, o sussistono sempre nel medesimo sito dell'alveo, o pure mutano luogo, e cessano. I primi sono frequentissimi, e per lo più sono portati a seconda dalla corrente, risolvendosi in nulla in breve spazio di tempo, per lo conato che fa la direzione del corso primario del fiume, di unire a sè medesima, quella di tutti gli altri moti; ma i secondi, se non sono tanto frequenti, sono ben più considerabili per li cattivi effetti, che partoriscono nell'escavazioni, che succedono al fondo, e nella corrosione delle ripe." (p. 213, - 8 , 214, 7)

Regarding the transport effects of vortices, and the formation of cavities, I had to limit the quotations to the following selections, which I expect to be representative

"...quanto più il vortice è tenuto stretto alla riva, tanto maggiormente opera contro di essa. In questa maniera si generano i vortici nel principio delle corrosioni, e vicino a' ripari, ed alle ale de' ponti, e dalla medesima causa derivano quelli che succedono al disotto delle cateratte; poichè dalla violenza di esse assottigliandosi e restringendosi il corpo d'acqua, è necessario che dopo la caduta si rifranga impero così grande, nel contrasto fattoli dal fondo; e perciò che l'acqua ritardata s'alzi di corpo: il che succedendo maggiormente verso il mezzo della cascata (per la stesa ragione che rende il filone più alto dell'acqua dalle bande) e non trovando l'acqua elevata sostegno laterale, comincia a scorrere di quà e di là ed a tormentare perciò le sponde, le quali, cedendo, allargano in quel sito l'alveo, più che nelle parti inferiori, dove restringendosi le ripe, a proporzione del corpo d'acqua che dee correre tra esse, vengono ad opporsi, in parte, alla corrente, non ancora tutta diretta al lungo dell'alveo; e perciò è sforzata una parte dell'acqua a radere con moto contrario la sponda medesima, che vuol dire, a formarvi un vortice." (214, 16 to -6)

"... i gorghi si trovano per lo più al piede delle botte o piarde, o degli ostacoli incontrati, come sono i pilastri che sostentano gli archi de' ponti &c., oltre quelli che sono fatti dalle acque cadenti dalle cataratte, de' quali è manifesta al senso la causa della generazione e della conservazione." (p.216, line 7)

Regarding scour around an obstacle: Does the author - in fact - describe correctly vortices drawn by Leonardo centuries before? (See CL)

"Incontrandosi che un ostacolo sia abbracciato dalla corrente: come succede a' pilastri de' ponti, succedono de' gorghi, che abbracciano l'ostacolo dalla parte superiore, e terminano in niente da' lati: effetto che succede dalla riflessione dell'acqua verso il fondo nel luogo dell'incontro, e dal vortice perpendicolare, che vi succede, il cui esito è dall'uno e dall'altro lato dell'ostacolo; dopo del quale il vortice degenera in due orizzontali, e superficiali. E qui mi viene il taglio di osservare che, all'evolve sotto de' vortici delle piene si formano gorghi come si è spiegato di sopra; ed a lle volte nel calare dell'acqua, si vedon o ivi maggiormente elevate le alluvioni; la differenza nasce da ciò che nel primo caso i vortici continuano dalla superficie fino al fondo del fiume; ma nel secondo, sono affatto superficiali; e questi invece di escavare il fiume, se hanno sotto di sè acqua, o stagnante, o di poco moto, sono causa che succedano maggiori deposizioni; poichè dopo che l'acqua, ivi trattenuta, ha deposta la sua materia più grave, il vortice serve a portarvi nuova torbida; e per ciò mutandosi continuamente l'acqua, è ivi, siccome portata nuova torbida, così fatta maggiore deposizione, al contrario degli altri siti, ne' quali non si trovano vortici simili; poichè restando in questi sempre l'acqua medesima, o cambiandosi più

lentamente, non si può fare, che poca deposizione di materia terrestre; e perciò non è meraviglia, che al dietro de'pilastri de'ponti sebbene si formino vortici orizzontali nulla di meno si osservino ancora dossi ben grandi." (p.217, - 13, 218, 12)

This chapter ends with a statement, which seems paradoxical, about the ability of rivers to absorb additional water input without apparent raise of the waters. If I understand correctly this statement, the paradox dissolves (according to Guglielmini) because at lower discharge the flow patterns (and I would add, transport patterns) are more complex than when there is more flow rate, or more power, in the river:

"Sono gli alvei de' fiumi quasi sempre, più larghi di quello che richiede il bisogno dell'acqua che portano; e perciò molte volte sopportano che loro sia ristretto l'alveo considerabilmente senza veruna alterazione del loro pelo, il che non accaderebbe, se le larghezze fossero vive; anzi col tenere ristretti gli alvei de'fiumi, s'impediscono che i moti sregolati che sono come la lussuria de'fiumi medesimi, e che apportano danno considerabile alle sponde, per la deviazione, che fa l'acqua, dalla direzione del suo filone; e perciò non è meraviglia, se i fiumi grandi, senza veruna maggiore dilatazione, sono molte volte capaci di ricevere nell proprio seno, l'influsso di nuov'acque, poichè rendendosi in tal caso l'acqua proporzionata alla grandezza dell'alveo, viene essa, ad essere tutta mantenuta in ofizio, ed obbligata a conservare la sua direzione al lungo dell.alveo, senza alcuno laterale svagamento, ed è ben facile di concepire che l'acqua stagnante, o corrente vorticosametne al insù non contribuisce cosa alcuna allo scarico del fiume; e che questa parte dell'alveo, per altro inutile, può benissimo dar luogo, quando vi sia una forza maggiore, al corso di nuov'acqua; e perciò è stato veduto il ramo del Po di Venezia assorbire, da sè solo, tutta l'acqua del ramo di Ferrara, e di Panaro, senza che, perciò si abbia avuta la necessità di ritirare gli argini verso la campagna, o siasi veduto maggiormente dilatarsi l'alveo." (p. 223, -13 to p 214, 1)

I do not think Leonardo ever refers to a situation like this one which makes ambiguous the notion of $Q = f(h)$. There is something about variable behavior in a canal close to a bridge, but it does not seem to be about the same phenomenon..

About Chapter VII, De Marchi wrote:" Fa meraviglia, soltanto, che tutte queste constatazioni veramente mirabili siano passate inosservate, quando Guglielmini le pubblicò" (De Marchi, p. 118.). He notes that, neither Grandi, nor Manfredi who published on the subject soon after Guglielmini, made any reference to the phenomena so well described by Guglielmini in this chapter. I believe that De Marchi overlooked what Leonardo wrote about such phenomena showing in fact a deep knowledge of some aspects overlooked by Guglielmini (diagonal waves for instance).

On the one hand, I tend to agree with De Marchi regarding Guglielmini's empirical basic understanding of sub- and super-critical flows, but on the other hand, he does not refer to other aspects like three-dimensional flow and transport patterns which occupy the second half of Chapter VII ("vortici e gorghi"). I also found really interesting Guglielmini's discussion of the possibility of quite different flow patterns in rivers under about the same depth of water and quite different discharges. Let me quote De Marchi's comment regarding supercritical flow, because I sense that he misses the notion of diagonal waves so well captured by Leonardo

"Un discorso a sè merita pure il capitolo VII del trattato (*de Moti che s'osservano nelle acque de' fiumi in diverse circostanze*), Perchè vi si trova per la prima volta affermata la distinzione fra le due forme che può assumere il movimento delle correnti a pelo libero, nei fiumi e nei canali, a seconda che la pendenza dell'alveo e la velocità dell' acqua superano o non raggiungono certi valori *critici*. È un fatto acquisito oramai che la corrente uniforme, defluente in un canale con forte pendenza (al meno del 2-3 per mille) ha l'attitudine a *saltar* e gli ostacoli che incontra nel suo movimento: la presenza di un masso sul fondo è segnalata, a chi la osservi, da una sponda, da un brusco sollevamento della superficie libera, talora ricoperta da un ribollimento localizzato con tutti i caratteri di una onda *stazionaria*, cioè ferma, in corrispondenza del masso la quale si franga o sia sul punto di frangersi. Una onda siffatta si forma tutte le volte che una corrente di quel tipo - gli idraulici moderni la chiamano veloce - è costretta a ridurre la propria velocità al disotto del valore critico, cioè a diventare lenta." (p. 113 to 114, De Marchi)

The above, I interpret as a description of a hydraulic jump, which is a wave between super- and sub critical flow. Leonardo, I have no doubt, did not have a one-dimensional approach - as many hydraulicians of the XX century had it - excepting those who studied carefully the diagonal waves in supercritical flow (Ippen, Rouse and a few others). De Marchi in his "Idraulica" makes no reference to the Froude number of the flow which is strangely absent from his excellent book.

GUGLIELMINI. VIII to X

Chapters VIII and IX ("Dello sbocco d'un fiume in un'alveo, o nel mare" and "Dell'unione di più fiumi insieme, e loro effetti") are concerned with rivers joining one another (either as confluents or as one affluent entering the main river). When I took a course on Physical Geography in my baccalaureat, the example of the Paraná

and the Paraguay rivers was cited as one of confluence. My teacher considered the Missouri and Mississippi as confluents part of one river, and I got used to refer to the Mississippi-Missouri River. It seems that this was not the idea they had of these two rivers in the USA! Be as it may, Guglielmini reports a good deal of observations and includes postulates, or "propositions and corollaries", concerning the formation of a system of rivers and seems to think that this is a way of reaching the sea by fluvial waters that is preferred by nature.

Chapter X is about floods ("Dell'escrescenze e descrescenze de'fiumi, e della proporzione colla quale s'aumentano l'acque de'medesimi"), and it is a chapter that to us may look as weak because for Guglielmini, as for many before and for some time after him, the statistical concepts so familiar to us were nonexistent, and, among other things, it was believed that each river had a definite maximum flood. Even today, at the beginning of the 21st century, thinking in terms of probability and statistics is not a common occurrence, even in university circles. Determinism and dogmatism is the prevailing trait I have found even among many of my colleagues.

GUGLIELMINI. CAPITOLO OTTAVO

Dello sbocco di un fiume in un'altro, o nel mare.

We know that the question of the origin of rivers was in great confusion for a long time. Guglielmini begins Chapter VIII with a reference to another controversy, the one that once existed about the discharge of rivers into other rivers, lakes, or the sea. It is amazing how many things that seem obvious today, were so greatly misunderstood in the past. This is humbling because the logical conclusion is: that most likely there must be many things we misunderstand today, and that our descendants will wonder how that was possible. Here is a quote of the first lines of Chapter VIII:

"Non si trova alcuna particolarità nella materia, che abbiamo fra le mani, la quale sia, per se medesima, quanto più evidente, tanto più controversa, e meno intesa dello sbocco de'fiumi; io ho sentito, in diverse congiunture pronunziare sopra di questo fatto, asserzioni così strane, che prima avrei credute impossibili d'accadere nella mente degli uomini; e quello ch'è più, ho osservato che hanno maggiore facilità a

prendere sbagli in questo particolare, le persone mediocrementemente versate, che le affatto idiote; poichè le prime sul fondamento di alcune regole, o ignote, o non avvertite dal volgo, e credute universali quando in realtà patiscono molte eccezioni, ne deducono in varj casi conseguenze falsissimi. Una di queste è che l'acqua non possa correre, se non ha caduta al suo termine ed è assioma così universale appresso di quelli, i quali si chiamano periti, che non dubitano punto di dedurne, che un fiume non possa sboccare, o nel mare se questo si trovi gonfio; o in altro fiume, durante la di lui piena, e che i fiumi influenti debbano scaricare l'acqua propria, tutta sopra il pelo del recipiente, con altre simili asserzioni erronee, e perniciose, le quali conducono a spese inutili, a proposizioni dannose; e molte volte divertiscono l'animo di chi le promuove, da quelle, che riuscirebbero più salutari". (p. 236),

I have included this quotation thinking that no author of a book on water today would dare to speak of the "volgo" or of colleagues "mediocrementemente versate". Guglielmini seems quite indignant about people who have not studied thoroughly and exhaustively a topic. In connection with this, I remember some remarks of Leonardo, indignant about dishonest colleagues. This needs careful comparison but seems important to be mentioned here in passing. We must keep in mind that those authors from five or three centuries ago were very different from us in many aspects.

I have chosen a few passages to be reproduced here in order to give the reader an idea of Chapter VIII.

Proposizione Prima

Per ben intendere ciò, è necessario ridursi alla memoria due proposizioni di eterna verità; la prima delle quali è: che *quando un fiume corre, e la di lui superficie non si alza, ne si abbassa di livello; allora per tutte le di lui sezioni passano delle quantità d'acqua precisamente eguali*: ciò è vero in astratto, in concreto, ed in tutte le circostanze e condizioni possibili; dal che ne nasce che ogni volta che la superficie dell'acqua d'un fiume perenne ed influente è resa stabile; allora esce dal di lui sbocco, ed entra nel recipiente quella copia d'acqua, ne più ne meno, ch' è somministrata dalle parti superiori del fiume. Ma se la superficie predetta si anderà abbassando, sarà scaricata dallo sbocco acqua in copia maggiore che non è quella, che viene di sopra; e finalmente, se la predetta superficie si eleva, più acqua viene dal fiume di quella sia vomitata dallo sbocco. Questi sono tre segni infallibili della qualità degl'impedimenti apportati dall'acqua del recipiente al corso dell'influente . . ." (p. 237 - .238 }

Corollario VII. Prop. Prima

"L'ingresso de' fiumi nel mare si fa a mezz'onda, che vale a dire che la superficie dell'acqua non viene regolata, nè dalla parte superiore dell'onda, spinta contro lo sbocco (sia ella, o di moto ordinario, o pure borascoso) nè dal basso dell'onda medesima; ma bensì dal punto di mezzo, tra il maggiore alzamento, e l'abbassamento dell' acqua ondeggiante; e la ragione è fondata sulla velocità del bilanciamento dell'acqua, la quale non permette, che il pelo del fiume si elevi alla sommità dell'onda, ne si abbassi alla di lei maggiore concavità; e perciò viene ad equilibrarsi con questi contrarj conati, in un sito di mezzo". (p 246)

De Marchi liked this corollary, and I think that there is nothing like this in Leonardo's notes. Nowadays, we would discuss this phenomenon considering propagation of sea waves up the river, and whether the river is in subcritical or supercritical flow. Guglielmini, although aware of the two kinds of river flow, was probably referring to the first case, without pointing at the difference.

Proposizione Quarta,

"Le foci de' fiumi influenti devono secondare, colla direzione del ultimo tronco del loro alveo, il filone del fiume recipiente."

"Sia AB il filone del fiume recipiente, e la direzione di esso da A in B (Fig. 49 G.) e supponiamo che il fiume influente vi porti dentro le sue acque, secondo la linea DC perpendicolare alla AB. Perchè dunque i moti secondo i principij della statica, tanto meno s'impediscono l'un l'altro, quanto minori sono gli angoli, che fanno le linee delle loro direzioni (. . .) ne segue che incontrando AC la corrente DC ad angolo retto, s'impediranno vicendevolmente; e perciò la direzione DC non potrà ritenere la primiera linea; e sarà per così dire, strascinata in DG, nello stesso tempo, che il filone GB farà spinto dalla direzione DC, o DG, in GH, facendo l'angolo HGB maggiore o minore secondo la proporzione che ha la velocità di AB a quella di BC; ond'è, ch'essendo tal proporzione assai grande, come per lo più succede, per essere la velocità del fiume influente pochissima, a riguardo dell'impedimento del riflusso, o ristagno, e quella di AB in niun modo, o pochissimo alterata; necessariamente farà l'angolo HGD insensibile, e tanto minore quanto più acuto sarà l'angolo ACD, o AGD, incontrandosi adunque, che in DG vi sia ripa atta a patire corrosione, questa si farà dalla parte di DG, e rallentandosi il moto dell'acqua verso DC, ivi si farà l'alluvione e lo sbocco si volterà tutto in DG. Ma perchè, sminuendosi l'angolo AGD, si sminuisce anco la forza, che fa la corrente AB contro la DG; e perchè ancora il terreno della ripa, bisogna pure, che abbia qualche resistenza all'esserre corrosivo, (che supponiamo sia sempre la stessa) perciò, se la potenza di AG contro DG sarà tale da superare la resistenza della ripa; per necessità si farà nuova corrosione, fino in DF, ovvero in DEB; ed allora stabilirassi la situazione dello sbocco, quando per l'obliquità della ripa DEB, la forza dell'aderenza delle parti

del terreno, resterà tale da non cedere all'impressioni del filone AB, rese minori per l'acutezza dell'angolo ABE. È adunque impossibile, che si mantenga la direzione dello sbocco in DC, ad angolo retto colla corrente del filone AB; e per conseguenza è necessario, che si porti in DEB, a seconda di AB," (p.251, lines - 8 to 252, line -8. Fig. 49.)

Corollario VII. Prop. Quarta.

"Gli sbocchi de' fiumi nel mare, sono pure obbligati a secondare le correntie di esso; siano queste, o perpetue, o cagionate temporaneamente da' venti, quindi è, che i fiumi della Romagna, e del Ferrarese, rivoltano gli sbocchi a destra, perchè la correntia dell'Adriatico rade il lido dell'Italia partendosi da Venezia versì la terra di Bari; ed in altri luoghi i venti borascosi obbligano i fiumi ad aprirsi nuove foci in luoghi coperti, o secondanti la furia di essi. Vero è, che le correntie del mare, se sono lente, non hanno gran forza per cagionare l'effetto predetto; ma pure, quando nulla vi osti, non lasciano di fare quello che ponno." (p.254)

GUGLIELMINI. CAPITOLO NONO

Dell'unione di più fiumi insieme, e loro effetti.

Guglielmini begins this chapter with the idea that it is only natural that small rivers (He says: "rivoli, torrenti, fiumi, . . . e fiume reale") go into larger rivers which in un go into still larger rivers and finally into the sea. I wonder if the physician in Guglielmini, rather than the hydraulician was the true writer of the first page of his chapter IX:

"È un artificio assai remarcabile della natura quello d'accoppiare fiumi a fiumi e di mandarli così uniti a sboccare nel mare; e talora è anche effetto di una necessità, che non permette il corso di un fiume separato da quello d'un altro siasi, o per l'intrecciamento, che porta seco la diversa direzione de' fiumi distinti; ovvero per lo pendio, che insegna la strada all'acque, per la quale possono avere lo sfogo piu facile, anzi le obbliga molte volte a prenderne una determinata. Questa necessità però, o non mai, o rare volte, va scompagnata dall'utile, che apporta l'unione di più acque in un'alveo solo, dimanierachè pare solo istituita dalla natura, per servirsi di essa, come di un mezzo efficacissimo, per ottenere i vantaggi, che si diranno; e perciò può passare per una necessità artificiosa. Per assicurarsi di ciò, si prenda una carta geografica, nella quale siano delineati tutti i rivoli, torrenti, e fiume che tributano le loro acque ad un fiume reale, e nella medesima sia parimente espresso il corso di esso fino al mare; e si faccia prova di correggere gli errori, per così dire, che qualcheduno potesse credere, essere stati fatti dalla natura, nell'unire le acque di tutti que'fiumicelli in un solo maggiore; indirizzando perciò ogni corso di acqua addirittura verso il mare. In ciò fare facilmente ognuno si chiarirà qual'esser dovrebbe l'ampiezza della superficie

della terra, necessaria per tanti fiumicelli; quali gl'impedimenti che frapporterebbero al commercio l'intersezioni moltiplicate delle strade quali ostacoli si opporrebbero agli scogli delle campagne; e quante altre cose difficolterebbero la medesima nuova delineazione sopra una carta, che non esige nè considerazione di caduta nè livello di piano di campagna nè riflesso alcuno a'luoghi, dov'essa maggiormente declina col pendio, o ad alcuna delle altre circostanze che sono altrettanto necessarie, quanto bene avvertite dalla natura, nel regolare che ha fatto il corso de' fiumi, e tanto cred'io potrebbe bastare per disingannare quelli che pretendono, che la buona regola della condotta dell'acque sia d'incamminare i fiumi al mare per linea retta, come per la più breve, su l'unico fondamento della nota proprietà del triangolo, due de' cui lati presi insieme, sono sempre maggiori del terzo; stimando essi perciò essere un'errore di natura il portarsi di un fiume a scaricarsi in un'alro, e per esso al mare, cioè per due linee, quando senza tale unione, potrebbe per una sola linea dotata conseguentemente e di maggiore declività, provvederlo di alveo, e di sbocco, secondo il loro credere, proporzionati al bisogno" " (p, 69, 3 to 270, 8).

Without knowing much, I think that the great topographical features may determine a big river with affluents like the Mississippi, or a series of parallel rivers like those of Patagonia and Siberia.

As I did for the preceding chapter, I will include a few passages with minimal comments here, to give an idea of Chapter IX:.

Proposizione Prima.

"Se saranno due fiumi eguali di larghezza e profondità, ed affatto simili l'uno all'alro, i quali scorrano, e sbocchino separatamente nel mare; sarà la somma delle loro larghezze maggiore di quella che avrebbero se uniti insieme corressero dentro un sol' alveo." (p.270, 14 to 18)

With reference to Fig. 50, Guglielmini gives what one could describe as the theoretical approach he could afford for this problem. He adds a few lines in which he refers to the experimental approach:

"La verità di questa proposizione, si prova anche coll'esperienza, perchè se si misureranno le larghezze di tutti i fiumi, che unendosi formano un fiume maggiore: si troverà, infallibilmente, che esse insieme unite supereranno quella del fiume maggiore nota il P. Castelli al Corol. XI. essere stato fatto e trovato dal Fontana nel misurare i fiumi, e i fossi, che mettono foce nel Tevere, e nel paragonarli all' alveo di questo e particolarmente all'apertura del Ponte Quattrocappi."(p.271, 13 to 20),

Proposizione Seconda

"I predetti due fiumi uniti, maggiormente progonderanno il loro alveo che non farebbero correndo separati." (p, 271)

Guglielmini had always in mind the engineer's responsibility regarding any topic he included in his book. Here are some lines in which he recommends serious study, before deciding to join two rivers into one, or sending them separately to the sea:

"Insomma è necessario un ben pesato giudizio di tutte le circostanze, ed una ben distinta cognizione de ciò che succede all'unione de'fiumi, prima di terminare quali siano i beneficj che ponno ricavarli dal mandare un fiume a sboccare nel mare, o pure in un'altro maggiore." (p. 278, -18 to -13).

As practical illustrations, Guglielmini summarizes fluvial engineering actions taken in Lombardy and Romagna:

"Ecco adunque quanto bene la natura provveda, mandando i fiumi a unirsi insieme, a'molti pregiudicj che succederebbero alla loro disunione; e che di fatto sono molte volte succeduti, quando diversi accidenti hanno tenuti separati i fiumi l'uno dall'altro. Era piena la Lombardia ne'contorni di Piacenza di rami moltiplicati del Pò, e de'fiumi a lui tributarj, che la tenevano tutta ripiena di paludi; quando Emilio Scauro, riducendoli tutti in un sol tronco, bonificò quel paese, e lo rendette abitabile; e qual volta gli uomini, ingannati dall'apparenza, hanno pensato di sgravare gli alvei de'fiumi maggiori dalle acque, che si credevano soverchie e lo hanno fatto col divertire qualche fiume, o torrente solito a sboccare in esso; non hanno tardato molto a sentirne i cattivi effetti: testimonj di ciò ne ponno essere i Ravennani, per la diversione sopradetta del Lamone dal Pò di Primaro; e gli abitatori della Romagnola bassa, per le diversioni de'fiumi Santerno e Senio: nè lasciano i Ferraresi di sentire gli effetti dell'alzamento del fondo e delle piene del Pò di Primaro, seguito non solo per la rivolta di tutto il Pò grande nel ramo di Venezia; ma anco per la rimozione de'fiumi predetti dal di lui alveo." (p. 278, -12 to 279, 8).

Like Leonardo, Guglielmini believed that the influent river may be the cause of meandering of the recipient river:

"Da questa medesima causa può anche nascere la tortuosità, o piuttosto l'obliquio, e serpeggiante corso di alcuno de'fiumi reali; poichè, come si è detto dovendo essere rispinta da' sassi la corrente di esso, fino ad esserli sufficientemente prolungata la linea del fiume influente (per esempio, essendosi rivoltato in CDE (Fig. 52), l'andamento del fiume reale, fino a dar luogo al necessario allungamento della linea del fiume AB fino in B, che sia l'ultimo termine delle ghiaie) può darsi il caso, che il fiume GF, anch'esso richieda il prolungamento GF fino al punto F, supposto esso pure, l'ultimo termine della portata de' sassi; nel qual supposto è evidente che il corso del fiume CEF non potrà passare tra F e G, ma necessariamente dovrà essere rispinto in EF; e per la stessa ragione potrà dal fiume HI essere nuovamente

rispinto in FI, di modo ch  il fiume reale prenda, per tali cause il corso serpeggiante CDEFI che, in questo caso, non far  un'errore di natura; ma bens  un rimedio necessario a provvedere a quegli sconcerti, che senza detta tortuosit  necessariamente succederebbero." (p. 282, 5 to 22).

GUGLIELMINI. CAPITOLO DECIMO

Dell'escrescenze, e descrescenze de'fiumi e della proporzione colla quale s'aumentano l'acque dei medesimi

This chapter reveals some of the limitations that are unavoidable to human beings at any historical time. Such limitations always existed and presumably will always exist, but we usually attempt to live as if they were not there. Some of us recognize the present limitations but are not very understanding regarding those that existed in the past. Anyway, probably, humans will continue indefinitely to develop new notions and to create new knowledge, and wonder why that did not occur to our ancestors.. Regarding Chapter X, I will only mention here that the notion of probability was either not yet popular or still inexistent when Guglielmini adhered to an idea of non-attainable value of a flood discharge ("la massima piena") mentioned by De Marchi, (p. 123), which nowadays seems absurd to those who are familiar with current knowledge in hydrology.

"Quindi   che, attemperandosi l'accrescimento d'una causa, col difetto d'un'altra, ha ciascun fiume, siccome tutte l'altre cose, cos  il suo massimo stato, che non pu  eccedere naturalmente, cio  a dire, i limiti del suo alzamento; ed abbench  non sia impossibile l'unione di tutte le cause, e l'accrescimento della loro energia, nulladimeno *sunt certi denique fines*, i quali trasgredendosi, succederebbero diluvi irreparabili, come quando s'aprono le cateratte del cielo, e gli abissi della terra. Resti dunque determinato, che *ogni fiume ha il suo termine d'altezza, oltre il quale non passano le di lui piene maggiori*, ed al quale debbono essere superiori le ripe e gli argini del fiume, acciocch  non succedano innondazioni. (p. 291 , -20 to -8)

Guglielmini understood the propagation of flood waves along the river and commented on people who did not, and wondered why during nice weather a flood could arrive at their places. Some favored the idea that the stars were the cause!

"Da ci  si toglie la meraviglia, che ostentano alcuni, nel veder venire talvolta le piene de'fiumi, a ciel sereno, e senza pioggia veruna, per ispiegare il quale effetto hanno

indotte cause occulte, ricorrendo agl'influssi delle stelle, ed alle cause universali (p. 292, -11 to -7).

Guglielmini discusses at length many flow and transport phenomena associated with floods, but I do not have space for even a summary of those discussions. At this junction, I can only report his lack of notions about the statistical aspects of this phenomenon. In fact, even today, how many people suffer from the same ignorance of the possibility of viewing things from a statistical point of view? Personally, I must say that in my formal education, I never was instructed on such notions before my university years.

GUGLIELMINI. Chapters XI-XIV

XI.- Degli scoli delle campagne, e loro regole.

This is interesting because the "scoli" are usually a mixed kind of fluvial animal: going from all natural to all man made, as extreme cases.

XII.- De' canali regolati, e delle regole più principali d osservarsi nella derivazione di essi."

Chapter XII is certainly pertinent. One may think of the derivation of canals from a river as a man made extension of the river. One must remember that the derivation works are certainly the responsibility of the fluvial engineer, from there on, all continues to be a man-made system. But an entire river may end up being a network of irrigation canals as I saw it happen with some Andean rivers in Argentina.

XIII.- Delle bonificazioni, e del modo con che esse possano farsi utilmente.

"Bonifiacazione" is defined here as "L'atto di render buono il terreno" (land reclamation ?). This goal can be obtained either "per essicazione" or "per alluvione". (p. 280)

XIV.- Delle considerazioni da aversi, quando si vogliono fare nuove alveazioni de' fiumi.

"Inalveazione" is described as one of the most difficult operations for a water architect ("architetto d'acque"). The chapter contains serious warnings about the risks of changing rivers in any way.

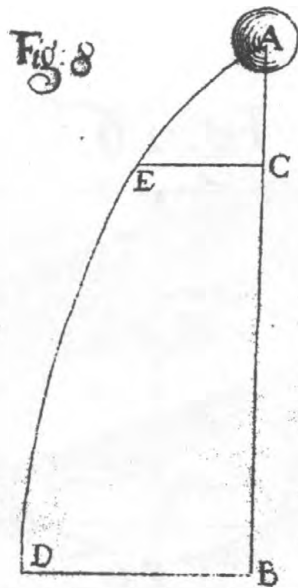


Fig. 8. Guglielmini 1739, p. 64-65
 Le discese AC, AB staranno fra loro
 in proporzione duplicata delle velocità in C ed in B.

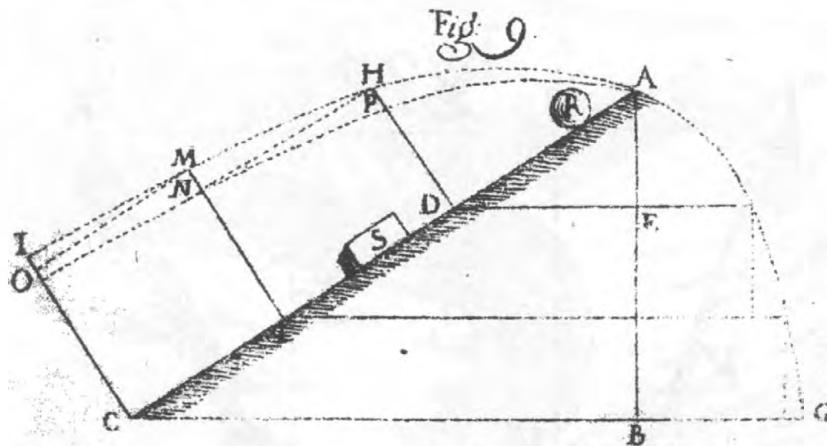


Fig. 9. Guglielmini 1739, p. 65-69.
 Un grave A, obbligato a discendere per lo piano
 inclinato AC, avrà in D quel grado di velocità
 che avrebbe in E, cadendo da A verso B.

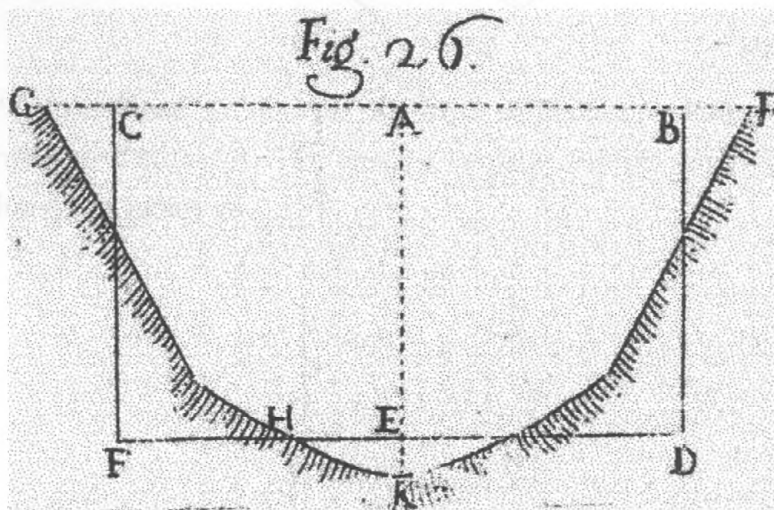


Fig. 26. Guglielmini 1739, p. 162-163.

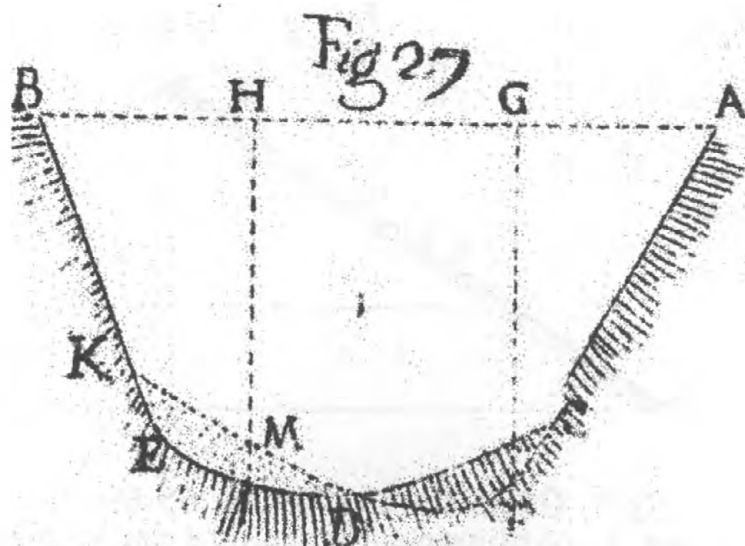


Fig. 27. Guglielmini 1739, p. 164-165.

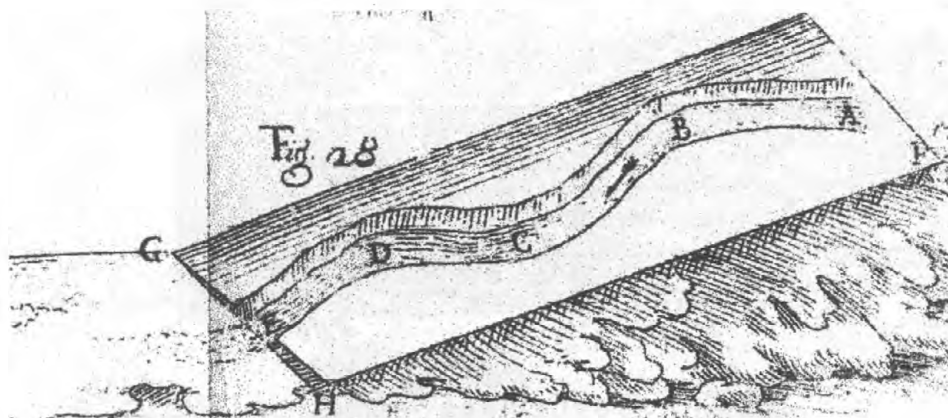


Fig. 28. Guglielmini 1739, p. 162-163.

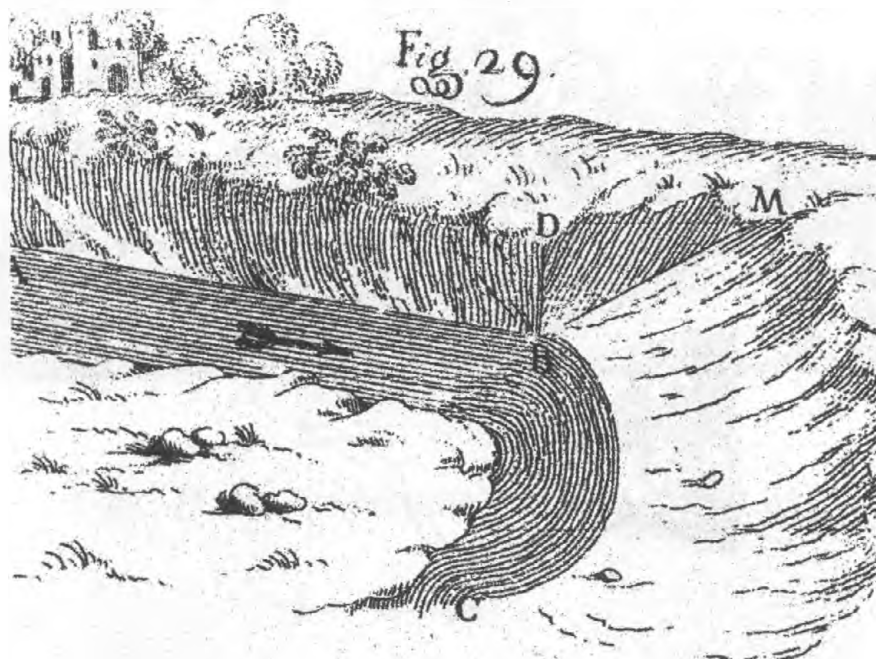


Fig. 29. Guglielmini 1739, p. 167.

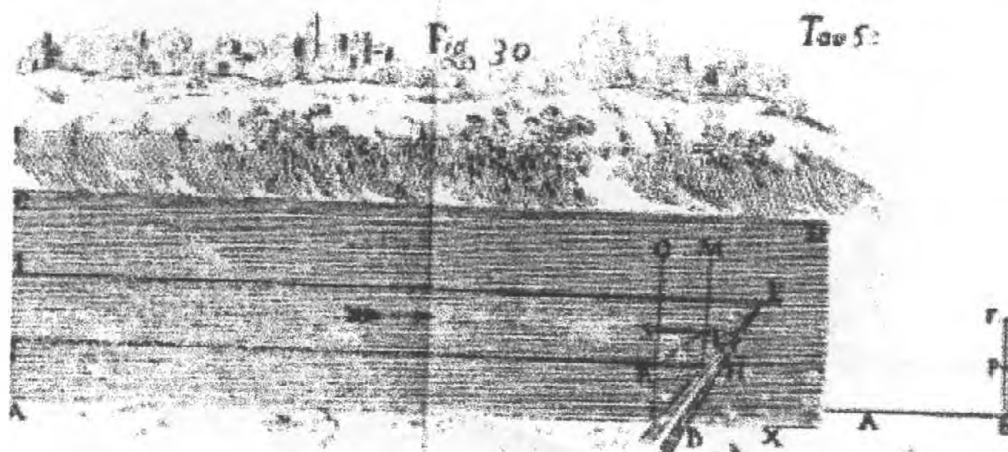
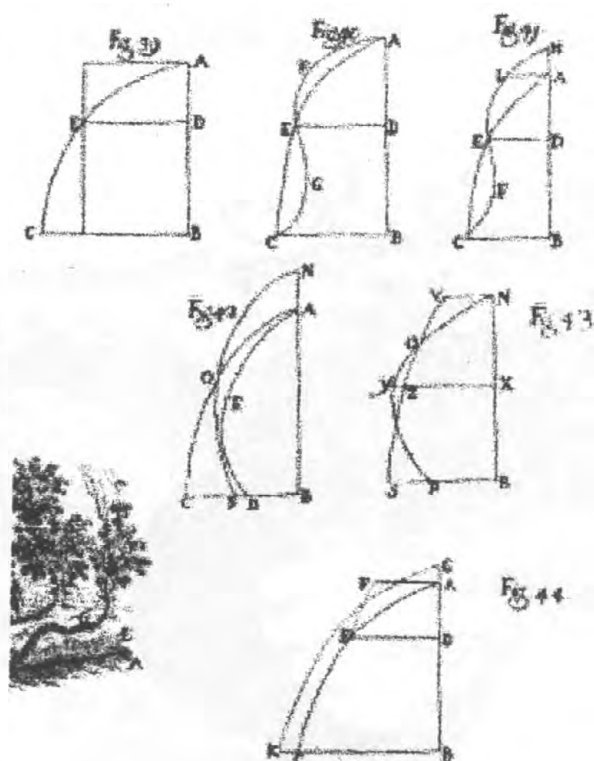
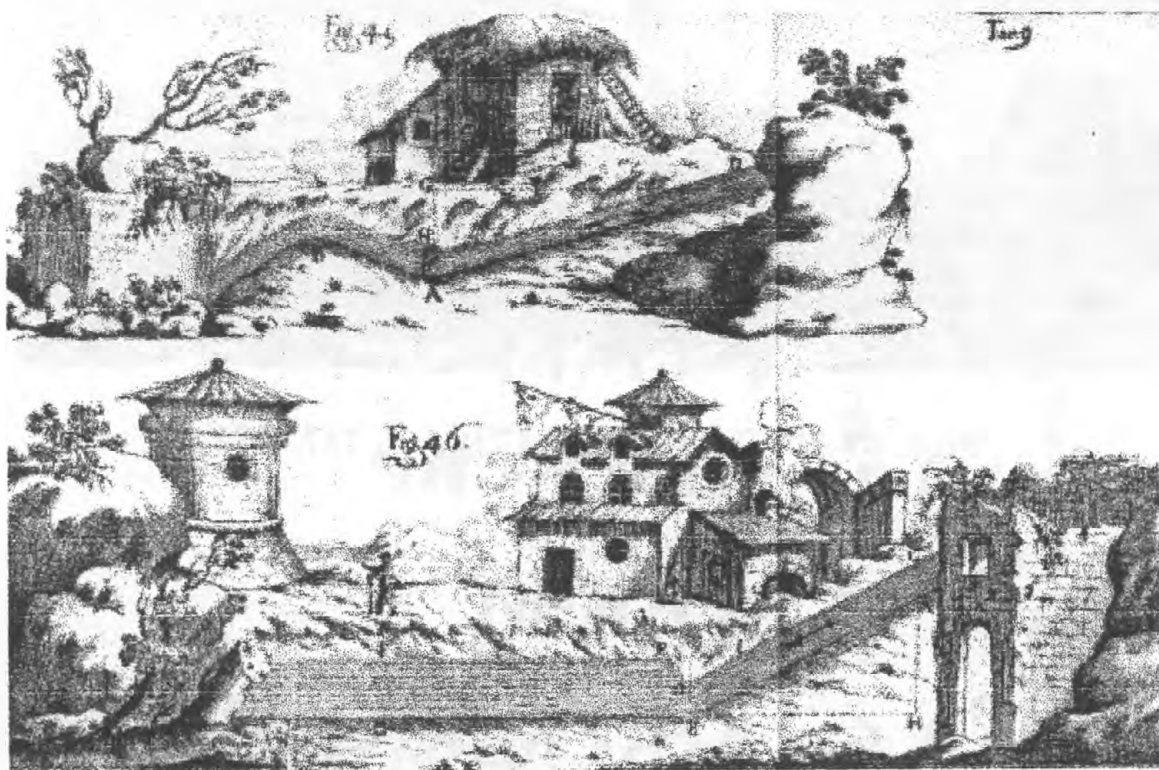


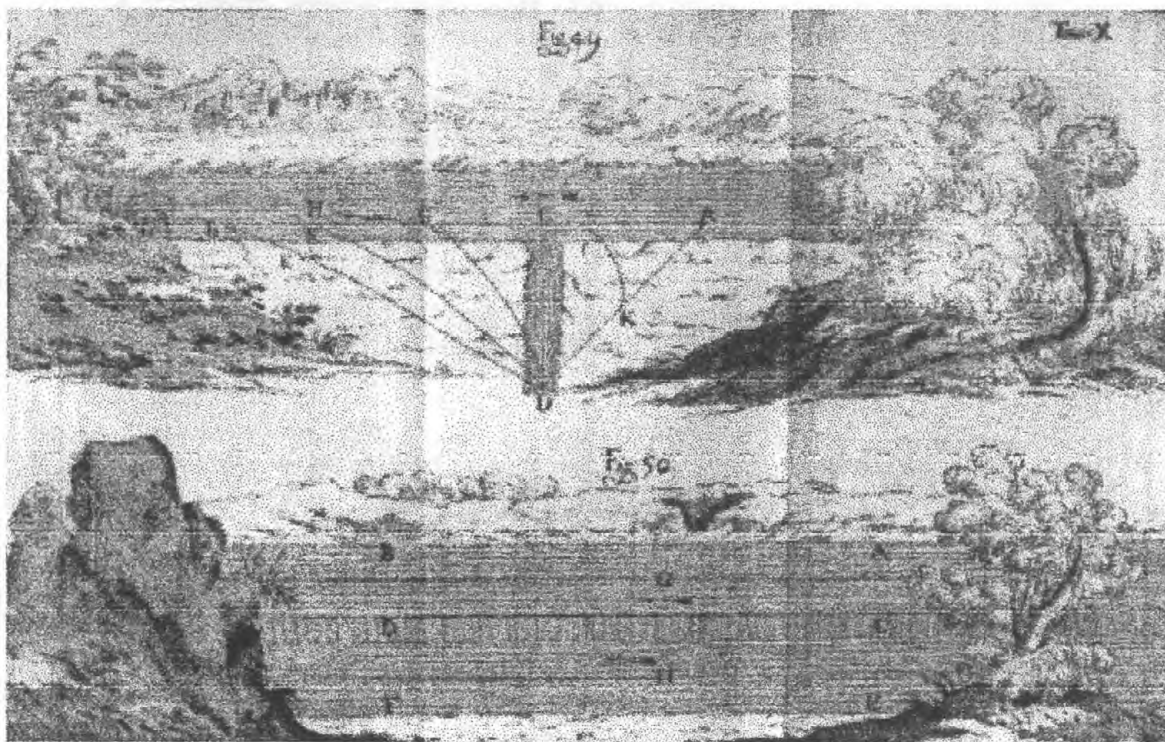
Fig. 30. Guglielmini 1739, p. 169



Figs. 39-44. Guglielmini 1739, p. 203-207.



Figs. 45-46. Guglielmini 1739, p. 210-211



Figs. 49-50. Guglielmini 1739, p. 251, 271

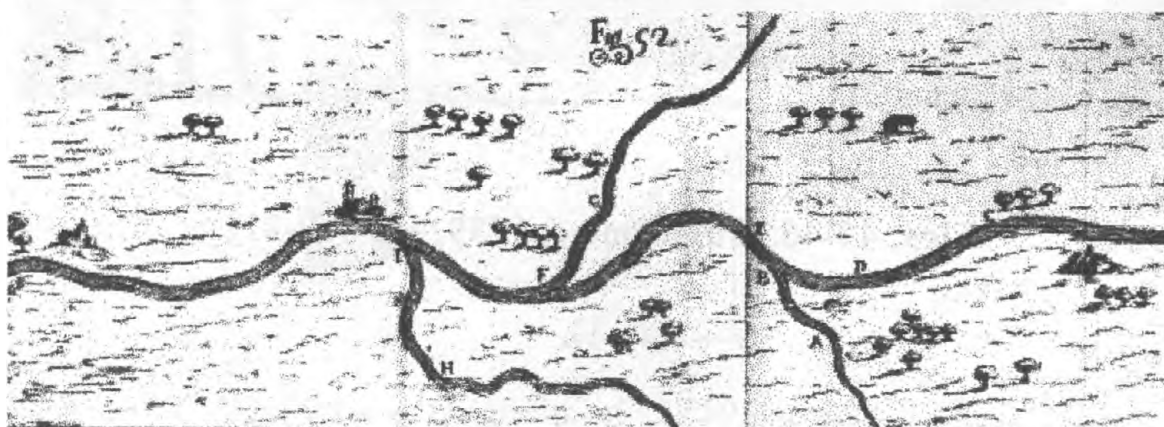


Fig. 52. Guglielmini 1739, p. 282

1
Nº 2.º de 1870

1.º	de 1870
2.º	de 1870
3.º	de 1870
4.º	de 1870
5.º	de 1870
6.º	de 1870

LEONARDO DA VINCI

LIBRO DELL'ACQUA

2. DELL MARE

**sanasin chinberi ivr
vmane daldi ciar chalinde
giusia asi**

**"Il cerchio del sole s'affretta.
Si tuffò nell'oceano come una ruota
Ribelle al ribollimento"**

CA 283R

2 - DELL MARE

2.1

2	Ordine del primo libro delle acque. Difinisci prima che cosa e altezza e bassezza . . . " Most of the outline is about the sea.	
Ms E 12 R T 1	<p>Ordine del primo libro delle acque</p> <p>Difinisci prima che cosa e altezza e bassezza anzi come son situati li elementi l un dentro all altro. Di poi che cosa e gravita densa e che e gravita liquida ma prima che cosa e in se gravita e levita. Di poi descrivi perche laqua si move e perche termina il moto suo poi perche si fa piu tarda o veloce. Oltre a di questo com ella sempre discende essendo in confine d aria piu bassa di lei. E come lacqua si leva in aria mediante il calora del sole e poi ricade in pioggia. Ancora perche l acqua surge delle cime de monti. E se lacqua di nessuna vena piu alta che l Oceano mare puo versare acqua piu alta che la superfizie d esso Oceano. E come tutta l acqua che torna all Oceano e piu alta della spera dell acqua e come l acqua delli mari equinoziali e piu alta che le acque settentrionali ed e piu alta sotto il corpo del sole chei n nessuna parte del circulo equinoziale. Come si sperimenta sotto il calore dello stizzo infocato l acqua che mediante tale stizzo bolle e lacqua circustante al centro di tal bollore sempre discende con onda circolare e come l acque settentrionali son piu basse che li altri mari e tanto piu quanto esse son piu fredde insin che si convertano in diaccio.</p>	

2	Terminology: "porto, golfo, molo, etc."	
CL 12V 38-39	Difinizione qual sia golfo o porto o molo o seno o pelago o ringorgamento o simili vocabili dacque	

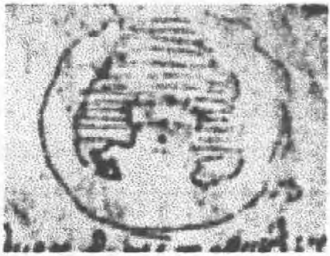
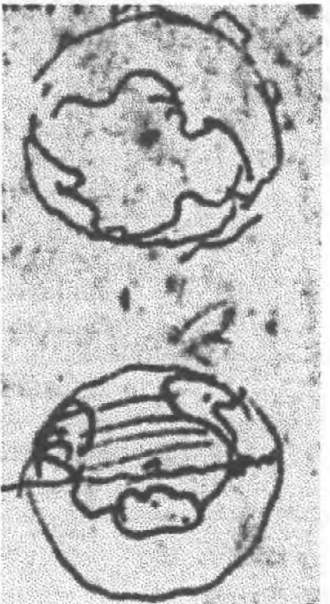

2	Proemial list of topics.	
CA 201R-V	<p>Del tomolo de liti marittimj.</p> <p>2 In quantj modi si po generare il frusso e refrusso infra lisole del mare e de fiumj.</p> <p>Della salsedine del mare e donde nassca.</p> <p>Delle cose tolte e delle chose gittata dal mare alla sua riuu.</p> <p>Del rienpimento de porti marinj.</p> <p>Provasi doue il mare a llascato il suo fodo scoperto all aria. CA 201R</p> <p>Delli retrosi del mare. 201V</p> <p>Delle gran uarieta del refrusso del mare.</p>	

2	Source of knowlege by word of mouth: "parla co Genovese del mare".	
CL 26V 1	parla co Genovese del mare	

2	"Turkish" phrase about the Sun entering the sea. Marinoni: "Verso persiano tradotto in turco ? The idea seems to be that of the Sun sinking into the sea; should not make it boil ?	
CA 283R	<p>sanasin chinberi ivr vmane daldi ciar chalande giusia asi</p> <p>"Il cerchio del sole s'affretta. Si tuffò nell'oceano come una ruota. Ribelli al ribollimento"</p>	

2.2

2	Of the sea that covered the Earth. Marinoni: # " <i>Lasciando il loco della terra</i> " = "Perdendo la coltre terrosa".	
CA 350R 1490-92 CR 9, 15	Del mare che cignje la terra Io truov il sito della terra essere abb anticho nelle sue pianvre tucto occhupato e choperto dall acque salse e i monti osa della terra cholle loro large base penetrare e heleuarsi infra ll aria choperti e vesstiti di molta e alta tere. Di poj le molte piogie achresscjmento de fiumj chon jsspessj lauamenti a disspolgliatj in parte l alte cime d essi monti lasciando il locho della tera il (sa)sso si truova essere circhundato dall aria e la terra d essi lochochi partita e g(ia ?) E lla terra delle sspiaggie e delle alte cime delle montagnie e gia dissciesa alle sue base e a alzato i fondi de mari ch ese (montagne) base circhauano e ffatta la disscoperta pianvra e di li in alchun locho per lontano spatio a cchaciato i marj.	

2	Changes in distribution of land and sea in the planet.	
<p>CL 36R 1-20</p> <p>D1-4</p>	<p>Della terra in se</p> <p>Lalzarsi tanto le cime de monti sopra la spera dell acqua puo esser dirivato perche il loco grandissimo della terra il quale era ripieno dacqua cioe la grandissima caverna dovette caderne assai della sua volta inverso il centro del mondo trovandosi ispiccata mediante il corso delle vene che al continuo consumano il loco donde passano avendo alquanto daria di sopra (perche lacqua non pesa sella non manda onda for del suo livello infra laria e sol quell onda pesa e cade e consuma il fondo. (CL 36R 1-6)</p> <p>Ora questa gran massa pote cadere essendo il cento del mondo infra lacqua essa si fermo con equal pesi oppositi intorno al centro del mondo e alleggeri la terra onde essa si divise la qual si rimosse immediate dal centro del mondo e salzo all altezza che si vede le pietre faldate fatte coll ordine dell acque alle cime delli alti monti. (6- 9)</p> <p>In margine D1-2-3</p> <p>Profondamento di paesi come nel mare Morto di Soria cioe Soddoma e Gamor. (CL 36R 10 - D1).</p> <p>E necessario che lacqua sia piu che la terra e la parte scoperta del mare non lo dimostra onde bisogna che molta acqua sia dentro alla terra senza quella ch e infusa nella bassa aria e che scorre per li fiumi e vene. (CL 36R 11 -13 D4).</p> <p>Dico non essere necessario che l cenro del mondo sia situato piu nella terra che inell acqua perche la gravita della terra e dell acqua insieme giunte per qualunque modo si pone con pesi dequal gravita oppositamente situati intorno al centro del mondo e la terra per se non attende a dare parte di se equalmente distanti da esso centro ma pesi equalmente gravi oppositamente situati e lacqua in questo caso essendo mista con varie ramificazioni di vene insieme colla terra non po dare di se pesi equalmente distanti da esso centro ma dara superfizie equidistante a detto centro. (CL 36R 14-20)</p>	<p>D1</p>  <p>D2-D3</p>  <p>D4</p> 

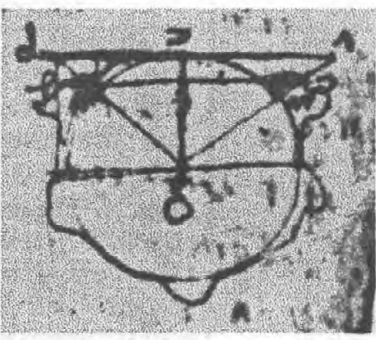
2	"Del mare che muta il peso della terra. Nichi." As rivers cut the valleys of the Earth fossils are exposed which show that old seas existed in some places.	
Ms E 4V T2 CR 1.1.1.3	<p>Del mare che muta il peso della terra.</p> <p>Li nicchi ostriche e altri simili animali che nascono nelli fanghi marini ci testimoniano la mutazione della terra intorno al centro de nostri elementi. Pruovasi così Li fiumi reali sempre corran torbidi mediante la terra che per lor si leva mediante la confregazione delle sue acque sopra il fondo e nelle sue rive. E tal consumazione scuopre le fronte de gradi fatti a suoli di quelli nicchi che stan nella superficie del fango marino li quali in tal sito nascono quando lacque salse li coprivano. E questi tali gradi eran ricoperti di tempo in tempo dalli fanghi di varie grossezze condotti al mare dalli fiumi con diluvi di diverse grandezze e così tali nicchi restavano murati e morti sotto tali fanghi composti in tanta altezza che tal fondo si scopriva all'aria. Ora questi tal fondi sono in tanta altezza che son fatti colli o alti monti e li fiumi consumatori de lati d'essi monti scoprono li gradi d'essi nicchi e così il levificato lato della terra al continuo s'inalza e li antipodi s'accostano più al centro del mondo e li antichi fondi del mare son fatti giochi di monti.</p>	

2	"E se tu dicessi tali nichii essere creati e creano al continuo in simili lochi per la natura del sito e de cieli . . ."	
CL 9V 59-68	<p>Truovasi nelle montagne di Verona la sua pietra rossa mista tutta di nichii convertiti in essa pietra delli quali per la loro bocca era gommata la materia d'essa pietra ed era in alcuna parte restati separati dall'altra massa del sasso che li circondava perché la scorza del nichio s'era interposta e non li avea lasciati congiungere.</p> <p>E in alcun'altra parte tal gomma avea petrificato le inveciate e guas[t]e scorze.</p> <p>In margine :]</p> <p>E se tu dicessi tali nichii essere creati e creano al continuo in simili lochi per la natura del sito e de cieli che quivi infruiscie questa tale opinione non sta in cervelli di troppo discorso perché quivi s'anumeran li anni del loro accrescimento su le loro scorze e se ne vede piccoli e grandi i quali senza cibo non crebbono e non si cibano senza moto e quivi muovere non si po[t]erono</p>	

2	"E se tu dirai che li nichì son portatt dall onde . . "	
CL 8V 28-31	E se tu dirai che li nichì son portatt dall onde essendo voti e morti io dico che dove andava li morti poco si rimovevano da vivi e in queste montagne sono trovati tutti i vivi che si cognoscano che sono colli gusci appaiati e sono in un filo dove non e nessun de morti e poco piu alto e trovato dove eran gittati dall onde tutti li morti colle loro scorze separate. (28-31)	

2	"e l diluvio li non gli avrebbe portati "	
CL 9R 12-13	e l diluvio li non gli avrebbe portati <i>perche le cose gravi piu de lacqua non stanno a galla sopra lacqua</i> e le cose predette non sarien in tanta altezza se gia a noto ivi sopra dell acque portate non furono	

2	" . . .prima che la lita gittata dall Arno nel mare che quivi copria . . ."	
CL 9V 52-56	Truovasi sotto terra e sotto li profondi cavamenti de lastroni li legniami delle travi lavorati fattl gia neri li quali furon trovati a mio tempo in quel di Castei Fiorentino e questi in tal loco profundorono prima che la lita gittata dall Arno nel mare che quivi copria fussi abandata (abbandonata ??) in tant altezza e che le pianure del Casentino fussin tante abbassate del terren che Arno al continuo di li sgombra. (52-56)	

<p>2</p> <p>CL 31R 14-28 D2</p>	<p>“Quella parte dell acqua sara piu alta che dal centro del mondo e piu remota “</p> <p>Discussion with adversary, found in other places also. Leonardo considers the surface of the sea as equidistant from the center of the Earth. He also conceives the height of the mountains over the sea comparable to the depths of the ocean.</p> <p>However he seems to accept some small differences in level due to flow in the Red, Indian and Mediterranean seas.</p>
<p>Quella parte dell acqua sara piu alta che dal centro del mondo e piu remota. Ecco che qui non ha loco la retta indefinita <i>a b</i> dell avversario perche <i>b g</i> eccede la linia <i>e g</i> per tutta la parte <i>b n</i> per la qual cosa si conferma la superfizie delli mari che insieme si congiungano essere equalmente distanti dal centro del mondo. (14-17)</p> <p>Sono li monti piu alti tanto sopra il mare quanto le maggiori profondita del mare son sotto laria. Verso lacqua mediterana lungamente per mare Rosso le quale e largo cento miglia e lungo mile cinquecento tutto pieno di scogli e a consumato li lati de monti Sinai la qual cosa testimifica non da inondazione del mar d India che in tali liti percotessi ma da una gran ruina dacqua la qual portava con seco tutti li fiumi che soprabbondavano al mare Mediterano e oltre a di questo il refrusso del mare e poi essendo tagliato nel ponente 3 mila miglia remoto da questo loco il monte Calpe e spiccato del monte Abile e fu tal taglio fatto bassissimo nelle pianure che si trovava infra Abile e loceano a pie del monte in loco basso aiutato dal concavamento di qualche vallata fatta da alcun fiume che quivi passassi venne Ercole ad aporre il mare nel ponente e allora lacque marine cominciono a versare nell oceano occidentale e per la gran bassezza il mare Rosso rimane piu alto onde lacque an abbandonato il corso di quivi sempre anno poi versato lacque per lo stretto di Spagna. (17- 28)</p>	

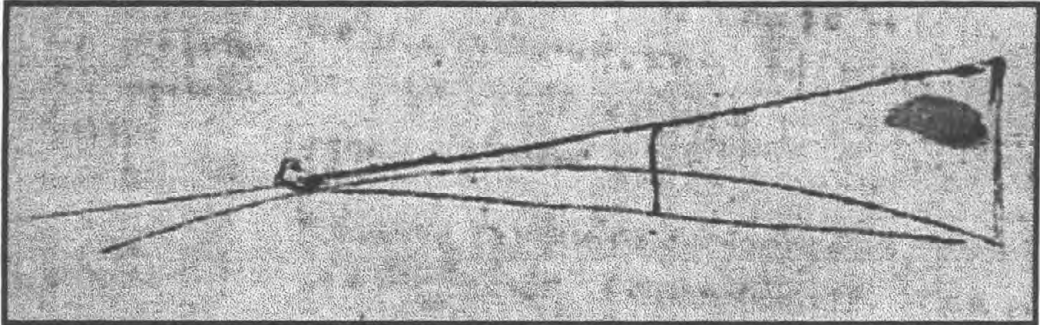
2	<p>Brief history of the geology of the Mediterranean Sea.</p> <p>Marinoni: "Il disegno raffigura il bacino del Mediterraneo di cui si tenta delineare sommariamente la storia geologica. Un tempo essa comunicava coll' Oceano attraverso il mar Rosso il cui ingresso fu, probabilmente e non si sa quando, sbarrato da un enorme frana (si ricorda, per avvalorare l'ipotesi, una simile frana di sette miglia avvenuta "all'i nostri tempi" e una simile causa viene attribuita ai laghi prealpini). Privo di sbocchi il Mediterraneo alzò di molto il suo livello e l'enorme peso delle sue acque abbassò il fondo marino assai sotto la superficie dell'Oceano fin che se aprì un varco fra i 'gioghi Gadetani' ossia lo stretto di Gibilterra (da Gades, Cadice), Scaricata una gran quantità d'acqua nell'Oceano, il fondo del Mediterraneo per la diminuzione del peso ('fatto lieve') poté risollevarsi. Questo mare vien definito come il più grande fiume del mondo scorrendo dalle foci del Nilo all'Oceano."</p> <p># L'apertura dello stretto di Cadice non fece abbassare di molto il livello del mare presso le coste della Siria, così da formare il dislivello necessario al flusso da oriente a occidente (in fatti secondo Leonardo il moto dell'acqua è verso il basso). (Marinoni f.n. 6)</p>
CA 901R c. 1515 (328V)	<p>Colonna destra</p> <p>La superfittie del mare Rosso e i liuello coll ocieano Essi fatto lieue il Mediterano così nel fondo che è abbassato come nella superfittie che p^a auea l acqua Mancato il peso delle diminuite acque mediterane la terra salzo e muto in se (l) cietro di gravita L acque marine che dal mare mediterano nell ocieano dissciendano per la inmesa perchussione data sopra il fondo a conchavato esso fondo assai sotto la superfittie d esso ocieano il qual chauamento s a tirato dirieto insieme cholla sua caduta insino a ttanto ch e peruenuto al fin del canal Gadetano che oggi si ci mostra. Puo esser chaduta vna montagna e sserrato la bocha del mare Rosso e proibito l esito al Mediterano e così ringhorghato tal mare abbia per esito il transito infra lli gioghi gadetanj perche il simile abbian veduta alli nosti tenpi cadere vn monte di sette miglia e serare vna valle e ffarne lagho e così son fatti la maggior parte de laghi de montj come Lagho di Gharda di Como e Llugano e llagho Maggiore. Il mediterano pocho s abasso per el taglio ghadetano ne li confini della Soria (Siria ?)# e assai in esso taglio perche prima che ttal taglio si creassi esso mare versaua per scirocho e poi s ebbe a ffare la calata che choressi a(l) tal (taglio ?) ghadetano. Figura del bacino del Mediterraneo con: a In a chadea l acqua del Mediteraneo nel ocieano.</p> <p>Colonna sinistra</p> <p>Tutte le pianvre che sson dalli mari alli monti sono già state coperte dall acque salse. Ongnj valle e ffacta dal suo fiume e ttal proportione e da valle a valle qual e he da ffiume a ffiume. Il massimo fiume del nostro mondo è il Mediterano fatto fiume che ssi move dal principio del Njlo all ocieano occidentale. E lla sua supprema altezza he nella Mavretanja essteriore e a di corso 10 mjla miglia prima che si ripatri col suo ocieano padre delle acque. Cioe 3000 il Mediterano 3000 il Nilo scoperto e 3000 il Njlo che chorre a oriente etc.</p>

2	Changes in the Mediterranean sea: "le cime dello Appennino stavano in esso mare in forma d isole"	
CL 10V 12-28	<p>Non si trova egli la rena mista coll'alga marina essersi petrificata poiche l'alga che la tramezzava venne meno e di questo scopre tutto il giorno il Po nelle ruine delle sue ripe</p> <p>Alessandria della Paglia in Lombardia non a'altra pietra da far calcina se non mista con infinite cose nate in mare la quale oggi e remota dal mare piu di 200 miglia (12-15)</p> <p>Nell'ottanta 9 fu uno terremoto nel mar di Satalia presso a Rodi il quale apperse il mare co' el fondo nella qual apertura si sommerse tal diluvio d'acque che per piu di 3 ore si scoperse il fondo del mare delle acque che di quivi si spogliarono e poi si richiuse al primo grado.(16-19)</p> <p>Faccia mutazion la terra colla sua gravezza quanto far si voglia che mai la superficie della sfera dell'acqua non si partira dalla sua equidistanza col centro del mondo.(19-20)</p> <p>Nel seno Mediterano il quale come pelago ricevea l'acque di eirea 300 fiumi - g' regali de l'Africa Asia ed Europa che a esso erano volte e colle sue acque veniano alle piagge de' monti che lo circondavano e li faceano argine e le cime dello Appennino stavano in esso mare in forma di isole circondate dalle acque salse e ancora l'Africa dentro al suo monte Attalante no mostrava al cielo scoperta la terra delle sue gran pianure con circa a 3000 miglia di lunghezza e Menfi risedeva in su lito di tal mare e sopra le pianure della Itallia dove oggi volan li uccelli a torme solea discorrere i pesci a grande squadre. (20-28.)</p>	

2	Assumes the Mediterranean much higher than now, so high that it would have flowed over Europe, Africa, and Asia into the oceans ! ! How could Leonardo not visualize the error?	
CAR 168V	<p>Come il taglio d'Abile e Calpe nello stretto ghadetano - - - -</p> <p>-</p> <p>Il taglio d'Abile e Chalpe nello stretto ghaditano dimjnuì assai li fiumj che disciendan dall'Alpe e corrano a ssettentrione E questo si prova perche inanti che tal taglio de' monti ghadetanj fussi creato jn mare Meterano - era d'altissima superfite la quale passaua li tre quarti dell'alteza di tale Alpi e lla penetratione che t'al mare face a per li meati e uene della terra era altissima e abondante doue dopo tal taglio ghadetano il mare mediterano abbasso la superfite sua e l'alt . . . predetti meatj rimason vachui delle loro acque e lli fiumj perderon l'abondantia delle loro chorsi.</p>	

2.3

2	"Se la terra e men che lacqua". * Caspian sea.
CL 35V 2-10	<p>Se la terra e men che lacqua</p> <p>Dicano alcuni esser vero che la terra ch e scoperta dalle acque sia molto minore che quella che e da esse acque coperta ma che considerando la grossezza di 7000 miglia di diametro che a essa terra e si po concludere lacqua per essere di poca profondita quasi universlamente che essa viene a essere senza conperatione di graueza alla graueza della terra allj qualj si risponde che ll acqua ch e infusa nellaria la qual si conpone nel leuarsi alla fredda regione dell aria a graujismo peso e ruina con grandi diluij e inindationj e che sapiano noj se lla terra a comcaujta grandissimi con riserbi d acque e lle invmerabileue che son piene di tante acque quante si vede nel lor comporre de fiumi vedesi il mare Irchano* grandissimo.</p> <p>(CL 35V. 2-10)</p>

2	"Della grandezza che ha la sfera dell acqua." It is smaller than that of the land.
Ms E 29V T2 D2 CR 1.1.1.1	<p>Della grandezza che ha la sfera dell acqua</p> <p>La sfera dell acqua ha minore circonferenzia che la terra scoperta dall acqua e per volere misurare tale sfera d essa acqua abbi uno spazio noto dell mare quando e in calma.</p> 

2	<p>"...mare della Tana..."</p> <p>I do not see the connection between T5 and the rest of the page; perhaps Leonardo considered that the river 'Tanai' flows all the way from the 'Tana' sea to the straits of Gibraltar. In Ms F 50R T3, the sea is given as the Caspian sea. See Ms F 68V-R, T2-4, 2).</p> <p>* "Quj segujta . . ." ; from where ?</p>
Ms F 68V-R T5	<p>Quj segujta*chel mare della tana che confina col tanaj e lla piu alta parte che abbia il mare mediterano il quale e remoto dallo stretto di gibilterra 3500 mjglia come mostra la carta da naujcare che a di calo 3500 br coe j^o mjglo e 1/6 che e piu alto adunque questo mare che monte che abbia loccidente. (T5)</p>

2	Rough sketch of the Eastern Mediterranean.
CA 632R (305bR)	No text

2	Middle central Mediterranean..Marinoni: "Nell' angolo superiore sinistro della facciata sinistra una carta geografica del Mediterraneo centro orientale (e parte d'Europa e Asia) con un itinerario segnato da Venezia al Medio Oriente.
CA 1106R c. 1497-99 (397bR)	No text

2.4

2	Flow of sea water in the planet is like animals blood flow.	
CL 21V 4-8	Raggiransi lacque con continuo moto dall infime profondita de mari alle altissime sommita de monti non osservando la natura delle cose gravi e in questo caso fa come il sangue delli animati che sempre si move dal <i>mare</i> del core e scorre alla sommita delle loro teste e chi quivi rompesi le vene come si vede una vena rotta nel naso che tutto il sangue da basso si leva alla altezza della rotta vena	

2	The surface is equidistant from Earth center; is the lowest level of water.	
Ms A 56V T2	Pruova come la superfizie del mare e equidistante al centro della terra ed e la piu bassa superfizie del mondo. Le piu basse parti de monti si e dove si congiungano alle loro valli e la infima bassezza delle valli sono i loro fiumi cagione desse valli i quali fiumi fanno loro ultima bassezza in nel loro concorso a il real fiume dove perdendo la forma perdano il nome e la ultima bassezza de reali fiumi e il mare dove si riposano i pellegrinanti fiumi coi loro seguaci.	

2	Level of surface of ocean away from coasts is the mininum.	
CL 17V 13-14	Come la superfizie dell oceano remota da liti marini e la piu bassa parte che abbia la terra e lacqua insieme giunta	

2	The sea surface is the lowest part of the world where all the rivers go.	
CA 218R	La piv bassa parte del mondo si e i mari dove core tutti i fiumj. Il fiume non ferma maj il suo moto se non jn mare. Adunque il mare e lla piv bassa parte del mondo.	

2	This is not about 905 conclusions, but on the question of the elevation of the sea surface: " tal fallacia e nata perche costoro immaginano . . .". What they imagine is planes, instead of spherical surfaces.	
CL 31R 1-14	<p>905 conclusioni</p> <p>Rinchiudesi il mare infra le gran valle della terra la qual terra fa ofizio di vaso al mare e li labri del vaso sono le rive delli mare le quali chi le toglieassi via il mare coprirebbe tutta la tera ma perche ogni parte di terra scoperta e piu alta che la maggiore altezza del mare esso mare non po discorrere sopra di lei ma sol si contenta di coprire quella terra che se li fa fondo. Benche molti ignorando tal cosa anno prosuntuosamente scritto come la superfizie dell acqua marina e piu alta che l maggior monte che si truovi la qual cosa ancor che lor vedino largina piu alta che lacqua son tanto accecati che dicano per miracolo essere lacqua alta in mezzo del pelago piu che la sua riva o che li promontori che sopra li mari si tagliano. Ma tal fallacia e nata perche costoro immaginano una liea retta indefinita protratta sopra del mezzo del pelago la quale senza dubbio sara piu alta che le dette rive perche lacqua e sperica e la sua superfizie sincurva e quanto piu si remove dal suo mezzo piu si fa remota della detta retta linia e questo abbassarsi in tal dispozione e quel che li a ingannati e questa tal ragione sara prodotta dal avversario (1-14)</p>	

2	Contiguous seas have the same level, which is the lowest of any water in the planet.	
CL 22V 10-11	Come le riue di tutti i mari contingenti son tutte d eguale altezzae sson la piv bassa parte della terra che confina coll aria.	
CL 15R 24-25	La superfizie di tutti i mari li quali son infra lor contingenti son tutte in ogni parte equalmente distanti al centro delli elementi	

2	"Nessuna superfizie dacqua che confini co laria e piu bassa che la superfizie della sua spera"	
CL 21V 1-4	Lacqua per se non si muove sella non discende. Quell acqua sara piu alta che fia piu remota dal centro della sua spera. E quella superfizie dell acqua e detta piu bassa che al cietro della sua spera e piu propinqua. Nessuna superfizie dacqua che confini co laria e piu bassa che la superfizie della sua spera	

2	Generation of the mediterranean seas.	
CA 433R c. 1515 (160aV)	Colonna sinistra: Tuttj li mari mediteranj e llj gholfi d essi mari son fatti da fivmj che versano in mare. La gieneratione delli mari mediteranj nasscan da rujne di monti scalzati dalli corsi de fiumj.	

2	Marinoni: " . . pagina scritta prima del recto. Si dimanda infatti perche mai le acque del Mediterraneo non defluiscano nell'Oceano"	
CA 218V	Sara alchuno che dira l acqua de monti salire li da magiorj montj Alchunj dira che l mare e piv alto che nontj (montj).	

2	"Il livello del Mediterraneo è più alto di quello del Oceano."	
CA 576bV c. 1490-2 (215bV)	<p>Perche e maggiore senpre la chorrente di spagnja inver ponente che per leuante.</p> <p>La ragion si e che se ttu metterai jnsieme le boche de fiumj che mettano in questo mare mediterano tu troveraj essere maggiore sonma d acqua che quella che uersa esso mare per lo stretto in ll oceano mare tu vedi l Africha scharichare i sua fiumj che chorano a ttramontana in esso mare jnfra e qualj e il Mjlo (Njlo ?) che riga 3000 mjglia dell Africha e uj il fiume Bragada e l Mavretano e altri simjlj l Evropia (Europa ?) vi versa il Tanaj e il Danvbio, il Po e l Rodano, Arno e Teuere si ch e ciaro questi fiunj insieme chon jnfinjti fivmj di mjinor fama fano maggiore largeza e profundita e chorso (ch)e none il mare stretto 18 moglja che ne l untima tera di ponen(te) diuide l Eeropa da l Africha . E sse ttu volessi dire che i fiumj che versano nel oceano fussino altrettanti cierto i prenomjna(ti) fiumj ano quasi tutti origine dai monti vicinj a esso oceano e sse essi monti vj versano alcuno fiv(m)e no sara per la sua vicjnita di tanto chorso chome el Njlo e Danvbio e sse pure vi sara similitudine pensa che essi fivmj versando nello oceano gli possano dare pocho avmento che ristori la chorrente jnver leuante senza che ssenpre se ne leva in ne le nvole magior soma che chuela che uj mettano i fiumj i qua nvboli stringendosi priemano l aria cho veloce moto infra l altra aria a simjlitudine d una mano che pemessi ja spunga d acqua infra l altra acqua che chvela che fugie si fa dare locho all altra.</p>	

2	The surfaces of mediterranean seas are higher than the ocean.	
CL 17V 7-10	Come la spera dell acqua sintende essere nell oceano e non participa de mari mediterani perche il gran numero de fiumi che dentro vi versano li tengan la sua superfizie piu remota dall centro del mondo che non fa quella dell oceano ch e maggiore e vi versa men fiumi a comparazion della sua magnitudine	

2	Sea water does not penetrate the earth as shown by the existence of fresh groundwater. Note that Leonardo believes that his experiment with a strip of cloth gives the clue for the encroaching of salt water on fresh groundwater close to the sea (See Ms G 37V). Note that in both cases he deals with porous media; is that enough to make the analogy justifiable ?.	
Ms G 38R T1-4	<p>come loccieano no penetra in fra lla terra</p> <p>Loccieano non penetra in fra lla terra e questo c insegnja le molte e uuarie vene dacqe dolci le quali in diuersi lochi desso occieano penenetrano dal fondo alla sua superfitie</p> <p>Ancore il medesimo cj mosstrano li pozi fattj dopo lo sspatio dun miglio li quali remoti dal detto ocieano li quali senpiano dacqua dolcie e cquessto acchade perche lacqua dolcie e piu sottile che llacqua salata e per conseguenza piu seeto penetrativa. (T1)</p> <p>qual pesa piu o lacqua diacciata o lla non diacciata. (T2)</p> <p>piu penetra lacqua dolce contro a llacqua salsa che lla salsa contro alla dolcie. (T3)</p> <p>che llacqua dolcie penjtri piu chontro all acqua salsa che essa salsa contro alla dolcie cie lo manifessta vna sottil tela assciutta e vvechia pendente chon equal bassezza chollj sua oppositi stremj nelle due varie acque delle quali le lor superfitie sien dequal bassezza e allor si vedra eleuarsi in alto in fra essa pezza tantu piu lacqua dolcie che lla salsa quanto la dolcie e piu lieve che essa salsa (T4)</p>	

2.5

2	Does the water in the mountains come from the sea? Is Leonardo, in T1, arguing with the 'avversario' ? . If we make a sketch of a sea higher than a distant mountain (high relative to the surrounding terrain) we may understand better this passage. It requires some time and effort to put oneself in the same way of thinking of the time when this page was written. I consider my rendition, in IIHR Monograph MS F, provisional, in preparation for further study. I leave to writers of anthologies to be so sure of what they read in Leonardo's notebooks; the monograph is the first step in establishing what kind of fluid mechanics really is to be found in the Ms F . Marinoni considers this passage 'misterioso'. According to him, 'capitale' is a volume of a book owned by a friar	
Ms F 72V T1	viene dal mare del quale il suo peso la su la sospignje per essere piu alto dessi monti perche a cosi licentia tal particula dacqua a lleuarsi in tanta alteza e ne resta e penetrare la terra. con tanta difficulta e ttenpo e non e stato conceduto al resto dell elemento dell acqua fare il simile il quale confina coll aria la qual non e per resisterlj chel tutto non si eleuassi alla medesima altezza della predetta parte a ttu che ttale inventione trovasti ridona a rinparare naturale che ttu mancheraj di tali simjle oppenjonj del quale tu a fatto grande amunitione insieme col capitale del frate che ttu possiedi. (T1)	

2	Ideas about rivers. "... quando lacque delle vene de fiumi si causassi dalle piogge e neve destrutte. Ma se tali vene avessino l origine dalli fondi de mari . . "	
CL 35R 15-19	E questo accaderebbe quando lacque delle vene de fiumi si causassi dalle piogge e neve destrutte. Ma se tali vene avessino l origine dalli fondi de mari questa ragion no are loco perche tanto quanto li fiumi dessino dacqua al mare cio l che dalli fini delle lor vene ricevessino tanto il mare renderebbe per li principi desse vene alle vene e cosi il mare per tal causa non cerescerebbe ne mancherebbe	

2	Argument against those who say that "l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta che le cime de maggior monti . . "	
CL 31V 16-25 CR 2	Dicano alcuni che l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta che le cime de maggior monti che si trovi la qual cosa abbian provato come la superficie del mare e piu bassa che qualunque parte si trovi di terra scoperta dalle acque o che alcuna parte di superficie di fiume che in esso mare versi. Altri dissono che lacque che versan sopra l'alte cime de monti sono discese dalli maggiori monti de l'universo li quali essendo coperti di neve si vengano a risolvere al tempo della state la quale openione si riprova falsa impero che se cosi fussi che di state la resolution delle nevi entrata per cave sotterrane e per le vene della terra avessi a mandar lacque nelle cime de monti piu bassi desse bocche di vene noi aremmo di tal vene piu acqua di state che di verno e la sperienza ci mostra in contrario	

2	Anecdotal description of part of the hydrological cycle.	
CFOR III 2R	Trovandosi l'acqua nel superbo mare suo elemento le venne voglia di montare sopra l'aria e confortata dal foco elemento elevatasi in sottile vapore quasi pareva della sirtiglieza dell'aria e montata in alto giunse infra ll'aria piu sottile e ffredda dove fu abandonata dal foco e picoli granicoli sendo restretti gia s'uniscano e ffannosi pesanti ove cadendo la superbia si converte in fuga e cade del cielo onde poi fu beuta dalla secaterra dove lungo tenpo incarcerata fe penitenzia del suo peccato.	

2	Marinoni: "Nell angolo superiore destro e stata aggiunta una nota sul mare Mediterraneo che scarica nelle viscere della terra una parte delle acqua ricevute dai fiumi e dalle piogge".	
CA 711R c. 1510-15 (263cV)	<p>Angolo superiore destro.</p> <p>Della consumatione over uaporation dell acqua del mare mediterano</p> <p>El mare mediterano fiume massimo interposto infra lla africa asia ed europa rachoglie in se circha treciento fiumj realj e oltre a di questj ricieve le piogie che per ispatio di tre mjla mjglia sopra luj dissciendano Quessto rende al grande mare occieano le sue e altre ricievute acque e ssanza dubbio men ne da al mare che non se quelle che ricieve perche di luj dissciende molte vene le qualj discoran per le visschiere della terra a viuifichare esse machina terrestre e questo e neciessario per essere la superfitie d esso mediterano piu remota dal cietro del mondo che lla superfitie di tale occieno com e provato nel 2° di questo E oltre a di questo il calore del sole al continuo vapora assai di tale acqua medirerana e per questo esso mare pvo acquisstare pocho acresscimento per le dette pious o ppocha dimjnutione per il uersar le ricievute acque nell occieano o per esser vaporata dal cholor del sole o dal chorso de schechi (secchi) venti</p>	

2	Melting of snow in the mountains provides water to the rivers.	
CL 31R 28-42	<p>Truovasi nelle rive del mare Mediterano versare fiumi 300 e porti 40 mila 200 e esso mare e di lunghezza miglia 3000. Molte volte s e accozzato laccrescimenti de mari del refrusso suo e el soffiare delli venti occidentali e l diluvio del Nilo e delli fiumi che versan dil mar di Ponto vennene alzato tanto li mari che son con grandissimi diluvi di scorsi per molti paesi e questi diluvi accaggiano nel tempo che l sole distrugge le neve delli alti monti d Etiopia che si levano alla fredda region dell aria e similmente fa lappressamento del sole alli monti della Sarmazia [Sarmatia] Asiatica e quella d Europa in modo che laccozzamento di queste 3 dette cose sono e sono state cagione di grandissimi diluvi cioe il refrusso del mare e li venti occidentali la distruzion delle nevi e ogni cosa ringorgata nella Soria [Siria] Samaria la Giudea infra Sinai e el Libano e l resto della Soria infra el Libano e monte Tauro [Taurus] e la Cilicia dentro alli mont Ermini [Armenia] e la Panfilia [Pamphylia] e Licia [Lycia] dentr a li monti Celeni [Celenian] e l Egitto insino al monte Attalante {Mount Atlas}. Il seno di Persia che gia fu lago grandissimo del Tigris e cadea nel mare d India ora a consumato il monte che li facea argine ed essi raggluagliato coll altezza dello oceano Indico. E se l mare Mediterano seguiva il moto suo pel sen d'Arabia ancor facieva il simile cioe che si raggluagliava laltezza mediteranea colla altezza desso mare Indico. (28-42)</p>	

2	Motion of water in part of its cycle, from land to the sea, the lowest water in the Earth.	
CL 30V 12-22 C.R. 1.4	<p>Quella cosa sara e piu bassa che piu vicina al centro del mondo si fa piu vicina adunque quella sara piu alta che da esso centro e piu remota. (12-13)</p> <p>Ogni quantita dacqua si movera inverso il suo piu basso stremo e dove tali stremi saran dequale altezza ess acqua per se non ara moto alcuno. (14-15)</p> <p>Ecco provato per queste due proposizioni che lacque de mari che son contingenti per se mai aranno moto e come per necessita esse sono di superfizie sperica. (16-17)</p> <p>Adunque lacqua che per se si move a uno de sua stremi piu basso che li altri e quella che non si move e a li sua stremi dequale altezza (18-19)</p> <p>Seguita un corollario che dice che lacqua per se non si move sella non discende (20)</p> <p>Seguita un corollario che dice che lacqua perse non si move sella non discende (20)</p> <p>Lacqua <i>a b</i> non si movera del suo sito per essere infra termini dequale altezza dal centro del mondo <i>c</i> e l simile sintende dell acqua <i>d e e f g e h i</i>. (21-22)</p>	

2	Repeated recycling of the planet's rivers.	
CL 21V 11-12	Moltissime volte il Nilo e gli altri fiumi di gran magnitudine anno versato tutto lelemento dell acqua e reduto al mare. CL 21V 11-12	

2.6

2	"Fortunes" and their variety.	
CL 11V 41-44	Come le fortune son varie nun medesimo mare e con un medesimo vento questo nasce dalle bocche de monti donde tal vento passa alla percussione del mare Come dove non e montagne alli liti del mare le fortune non son si subite ne di tanta potenza. (See 12R 29-31 (2))	

2	"Molta maggiore e la fortuna del mare presso a terra che in alto mare"	
CL 12R 29-31	Molta maggiore e la fortuna del mare presso a terra che in alto mare e questo accade che londe refresse lo percotano da una parte e i vento dall'altra onde si viene a fare londa piu alta e piu sottile. (See 11V (2))	

2	"Non fa si gran muglia il settantrionale tenpesstoso mare . ."	
CAR 155R	A similitudine d una ritrosito vento che sschorra n una renosa e chavata valle che pel suo velocie corso schacia al centro tutte quelle chose che ss opponghono al suo furioso corso. Non altrementj il settantrionale aquilone riperchuote cholla sua tenpesta. Non fa si gran muglia il settantrionale tenpesstoso mare quando il settantrionale aquilone lo riperchuote chole scivmose onde fra Silla e Charidi ne Stronboli o Mongibello quando le zolfure fianme essendo rinchiuse per forza ronpendo e aprendo il gran monte fu(l)mjnando per l'aria pietra terra insieme choll'uscita e vomicata fianma Ne quando le nfochate chaverne di Mongibello renda il mal tenuto elemento rivomjtando e spigniendolo alla sua regione chon furia chacciando inanzi qualunque osstacholo l'interpone alla sua inpetuosa furia.	

2	Stormy seas with dangerous vortices.	
CL 11V 25-27	Come in molti lochi del mare si trova voragine e revertigini over ragiramenti dacque che spesso surbano i navili che di sopra vi passano e queste fanno sei ore si e sei ore rebuttano fori lacque in grande abbondanza	

2	Effect of wind in piling up water in a gulf.	
CL 12V 33-38	Come lacqua ringorgata dal vento in alcuno seno o golfo si facci di tanto peso ch ella acquisti potenza e impeto il qual superi quel del vento. Come nelle ondazione de fiumi si vegga al continuo le acque ringorgate in alcuno suo golfo ringorgarsi in tanta altezza che essa acquista peso e per conseguenza impeto tale che ringorga il fiume dove essa dirizza il suo corso el qual fiume ringorgato spesso renda la seconda ringorgazione al predetto golfo	

2.7.1

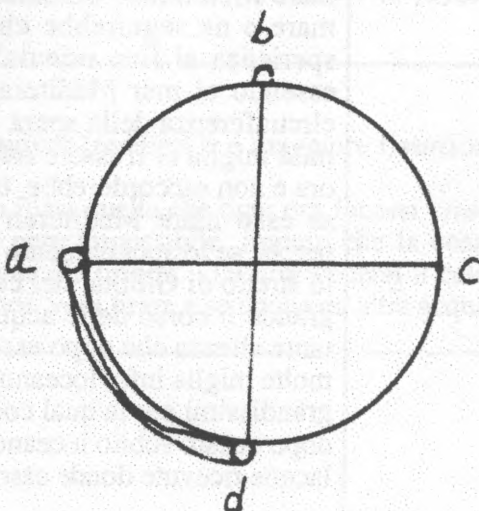
<p>2</p> <p>CA 697R c.1508-10 (26)a-bR D</p>	<p>Analogy, respiration of Earth and humans. A long passage (p. VIII-267-269) begins with a calculation of how big the lungs of the Earth should be. "ma la terra non si move come il petto"</p> <p>Marinoni discusses at length, (p. 265-266) this question showing Leonardo's analysis in summary and indicating that he found the analogy untenable because "la terra non si muove come il petto umano". "L'ipotesi di un'analogia tra il flusso e riflusso delle maree (al cui proposito dovrà essere interpellato Bartolomeo Turco) colla respirazione dell'uomo urta contro serie difficoltà". The long calculation by Leonardo seems unnecessary if one notes that there is no movement of the Earth chest corresponding to respiration.</p>
	<p>Figura sotto macchia con: 3 - 5 d (?)</p> <p>Scriui a Bartolomeo Turcho del frusso e refrusso del mar di Ponto e che intenda se ttal frusso e refrusso e nel mare Ircano over mare Casspio.</p> <p>Colonna sinistra</p> <p>A long passage (p.VIII-267-269) begins with a calculation of how big the lungs of the Earth should be. The key sentence is</p> <p>. Ora s e Il atratione della acqua che ffarebbe la terra in 12 ore col frusso ci potrebbe mostrare la grandezza del polmon della tera in questo nod (modo ?) dicendo il polomone e vn mezo br quadrato coe 1/8 di br quadrato e alita 270 volte per ora come sara adunque grande il polmone della terra a alitare vna volta in 12 ore.</p> <p>Colonna destra.</p> <p>Seguita quel che manca di sotto.</p> <p>. ma la terra non si move come il petto.</p>

2 Ms A 57R T3	"Del movimento del mare ogni sei ore". Discussion of role of the Moon (old physics of attraction of opposites).
<p>Del movimento del mare ogni sei ore</p> <p>Se il caldo move li omori il freddo li ferma e dov e maggiore freddura li e maggiore fissazione d omori</p> <p>Se alcuno volessi dire che la luna aumentatrice del freddo fussi quella che ogni ora facessi crescere e discredere il mare per le ragioni di sopra assegnate e pare impossibile impero che la cosa ha similitudine coll altra non tira per similitudine anzi tira per disformita. Tu non vederai il caldo e secco foco tirare a se foco anzi tirera freddo e umido tu non vedi tirare a se acqua da altra acqua</p>	

2 CL 35R 1-13	<p>Tides. Description of periodicity. Notions of flux and reflux driven by rivers.</p> <p>Without Newtonian mechanics one can understand that Leonardo could not visualize the work of the Moon on the hydrosphere. Leonardo seems to approach tides with the hydraulics of rivers and canals rather than the planetary notions in Chapter !</p>
<p>Nelle parte occidentale appresso alla Fiandra il mare cresce e manca ogni 6 ore circa 20 braccia e 22 quando la luna e in suo favore ma le 20 braccia e il suo ordinario il quale ordinario manifestamene si vede non essere per causa della luna. Questa varieta del crescere e discredere del mare ogni 6 ore po accadere per le ringorgazioni delle acque le quali son condotte nel mare mediterano da quella quantita de fiumi dell Afirca Asia e d Europa che in esso mare versano le loro acque le quali per lo stretto di Gibiltar infra Abile e Calpe promontori rende all oceano le acque che da essi fiumi li son date. Il quale oceano astendendosi infra la isola d Inghilterra e laltre piu settantrionali si viene a ringorgare e tenere in collo per diversi golfi li quali essendo tali mari discostatisi colla lor superficie dal centro del mondo anno acquistato peso il quale poi che supera la potenza dell avvenimento delle acque che lo causavano essa acqua ripglia empito in contrario al suo avvenimento e fa impito contro alli stretti che li davano lacque e massime contra lo stretto di Gibiltar il quale per alquanto spazio di tempo riman ringorgato e viene a riservarsi tutta lacqua che di novo in tal tempo li son date dalli gia detti fiumi e questo mi pare una delle ragioni che si potrebbe assegnare della causa desso frusso e refrusso.</p> <p><i>Come nella 21^a del 4^o della mia teorica e provato. (CL 35R 14--15).</i></p>	

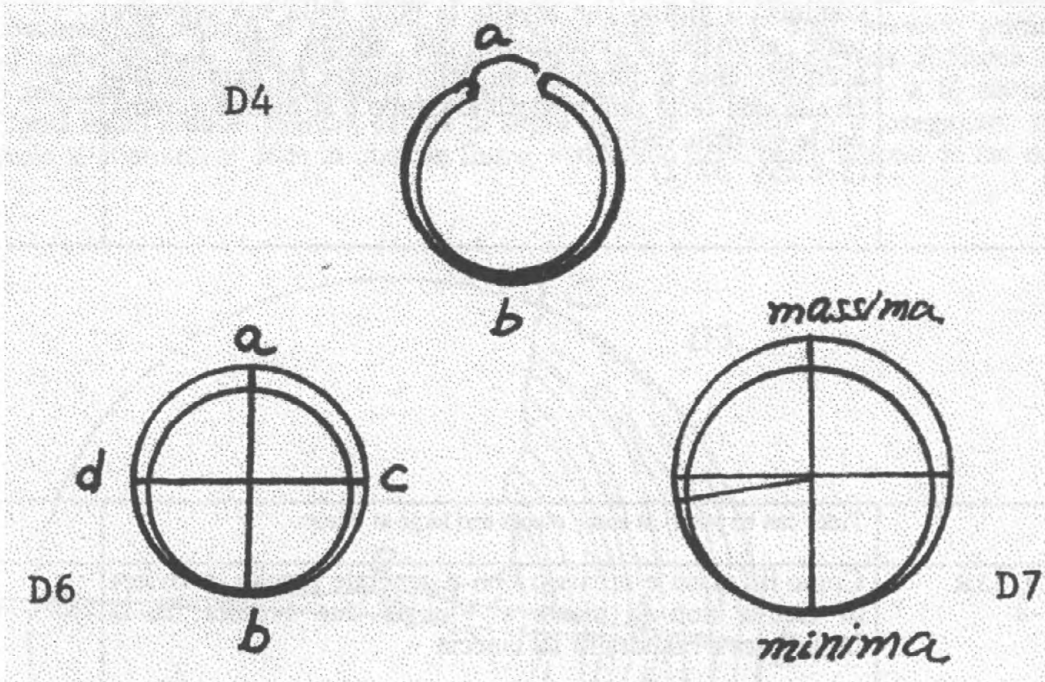
2	Leonardo who discovered at some moment that waves are not currents, in this junction fails to see the tides as waves and believes the moon would transport all the water that raises.	
CL 6V 11-25	<p>E se tu volessi che la luna apparendo all orientale parte del mare Mediterano cominciassi ad attrarre a se lacque del mare e ne seguirebbe che immediate se ne vedrebbe la sperienza al fine orientale di tal mare predetto. Ancora essendo el mar Mediterano circa alla ottava parte della circonferenza della spera dell acqua per essere lui lungo 3 mila miglia el frusso e refrusso non fa se non 4 volte in 24 ore e non saccorderebbe tale effetto col tempo desse 24 ore se esso mare Mediteran non fussi lungo semila miglia perche se lo spogliamento di tanto mare avessi a passare per lo stretto di Gibiltar nel correr dirieto alla luna e sarebbe si grande il corso delle acque per tale stretto e salzerebbe in tanta altezza che dopo esso stretto farebbe tal corso che per molte miglia infra loceano farebbe inondazione e bollimenti grandissimi per la qual cosa sarebbe impossibile passarvi e dopo questo subito loceano renderebbe colla medesima furia lacque ricevute donde esso le riceve.(11-21)</p> <p>Ecco che adunque mai si passerebbe per tale stretto e la sperienza mostra che dogni ora vi si passa salvo che quando il vento vien per la linia della corrente allora il refrusso forte saumenta.(21-23)</p> <p>Il mare non alza lacqua nelli stretti che anno uscita ma ben si ringorga e si ritarda dinanti a quelli onde poi con furioso moto ristora il tempo del suo ritardamento insino al fin del suo moto refresso. (23-25)</p>	

2	The moon and the tides; lakes should experience tides.	
CA 218R	La luna non po muovere il mare ch ella muoverebbe i laghi. (laghi)	

2	Some details of sea tides.	
CA 498R	Sketch of Earth with tides: b - c a - d	
c. 1515-16	<p>Sketch of Earth with tides: b - c a - d</p> <p>Quando la soma cressciente he in <i>a</i> la infima disscresciente sara in <i>d</i> E quando sspatio <i>a d</i> fia equalato. Ma quando in capo di 12 ore la soma cressciente fia sotto <i>c</i> alloro lo spatio <i>a d</i> fia immobile e quando in ca po di 24 ore la cressciente sara in <i>d</i> allora sotta <i>a</i> fia la sonma discreciente.</p> <p>Se ll acqua che cresscie e disscrescie nel frusso e refrusso del mare al lito marino e della vicina a esso lito o e della remoto.</p>	

2	Variety in the sea tides.	
CL 11V 24-25	Come in molti lochi del mare lacqua non cresce ne cala al frusso e refrusso. Come in molti lochi lacqua del mare cala diciotto e 20 braccia ogni sei ore	

2	Tides at Bordeaaux	
CL 27V 29-34	Come in Bordea presso a Guascogna alza il mare circa a 40 braccia pel suo refrusso e l suo fiume ringorga lacque salse piu de centocinquanta miglia e li navili che si deano calafatare restano alti sopra un alto colle sopra dello abbassato mare	

2	Thermal causes of tides.
CA 450aR c. 1515 D4,6,7 (165bV)	<p>A destra, figura della terra coll'alta marea a nord:</p> <p>Massima - mjinma Dove he magior quantita d acqua quivi e maggior frusso e refrusso el contrario fa nelle acque strette Il freddo congrega e l caldo disgrega Ghuarda se l mare e nella sonma crescente quando la luna e nel mezo del tuo emjspero.</p> 

2.7.2

2	<p>"Tutti li mari anno il lor frusso e refrusso."</p> <p>After such a promising Ch. 1 this comes as disappointment, it ignores the conservation of volume so well established by Leonardo. What he says deserves the same objection he spelled for the universal diluvio.</p>
<p>CL 6V 1-8</p>	<p>Del frusso e refrusso</p> <p>Tutti li mari anno il lor frusso e refrusso nun medesimo tempo ma pare variarsi perche li giorni non cominciano in un medesimo tempo in tutto luniverso. Con cio sia che quando nel nostro emisperio e mezzogiorno nell opposto emisperio e mezzanotte e nelle congiunzioni orientali dell uno e dell altro emisperio comincia la notte che corre dirieto al giorno e nelle congiunzioni occidentali dessi emisperi comincia il giorno che seguita la notte dalla sua opposita parte adunque e conchiuso che ancora che l detto accrescimento e diminuizioni delle altezze de mari ancora ch elle sien facte nun medesimo tempo e si mostra variarsi per le gia dette cagioni (See 25V 57 (2))</p>

2	Tides can be small at some places and large at others.
<p>CL 13R 7-8</p>	<p>Come il frusso e refrusso non e generale perche in riviera di Genua non fa niente a Vinegia due braccia tra la Inghilterra e Fiandra fa 18 braccia</p>

<p>2</p> <p>CA 762R c. 1515-16 (281aR)</p> <p>D3</p>	<p>Del frusso e rrefrussso del mare e sua varieta. (1)</p> <p>Marinoni" I tre maggiori disegni rappresentano un fiume che sfocia in mare. Sulla riva di quello inferiore si legge "Anversa" l che fa pensare all estuario dela Schelda ma i disegni sono puramente schematici (la didascalia parla anche di "contrapposte isole"). Ner terzo disegno l'acqua marina sta rifluendo entro la foce del fiume sollevandone il livello, che invece nel secondo disegno e alquanto piu basso e nel primo e medio. Le didascalie attribuiscono la causa della marea non alla luna o al sole ma a un moto oscillante ('titubante') dell'acqua scaricata in mare dai fiumi. Giunta in mare l'acqua diminuendo la sua velocità si ammassa e alza il livello marino sopra quello del fiume ed è perciò costretta a rifluire entro di esso diminuendone la portata nel mare il quale puo quindi riabbassare il suo livello"</p>
--	---

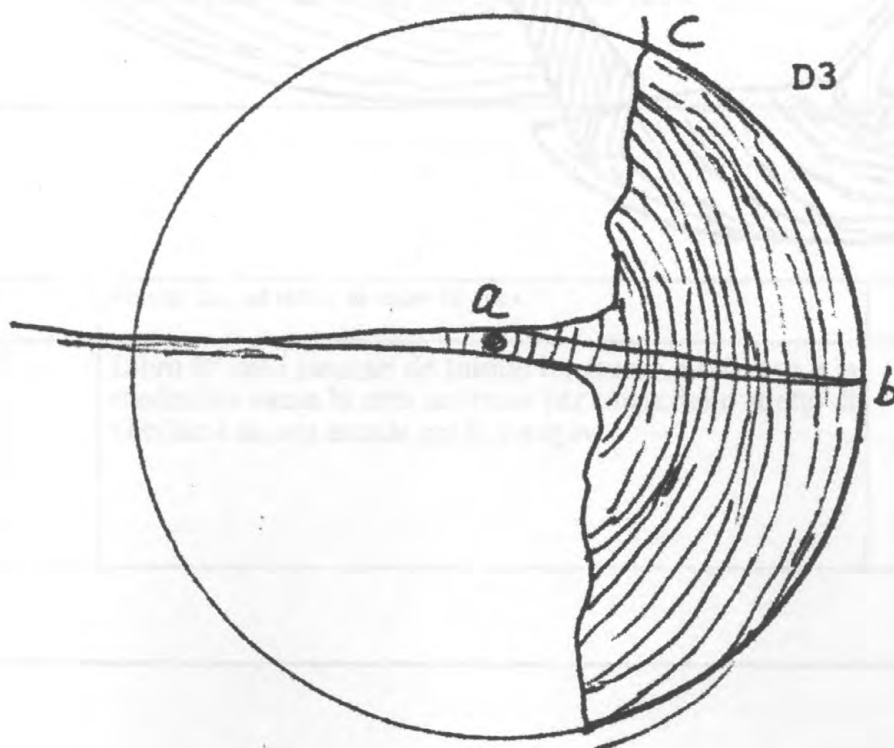
A sinistra, foce di fiume con: c - a b
Del frusso e rrefrussso del mare e sua varieta.

A destra:

Corre l onda del fiume chontro al suo avvenjmento quando regnja il refrusso del mare il ritornar dell onda alla riva riacquissta po nnuova potentia dall auenimento del fiu.

El flusso e rreflusso del mare non nasscie dalla luna ne dal sole ma dall onda massima incidente e rrefressa.

Ma perche la reflessa e piu debole che lla incidente essendo privato di resstauramento tal moto titubante si chonsumerebbe se non si resstavrassi coll aiuto dellj fiumj li qualj essendo prima ringhorghati dall onda incidente del predetto flusso l onde di tal righorghamento di fiume s aguignje a esso reflusso il quale perchuote li oppositi litj delle contrapposte isole e llj risalta indiriecto e po ritorna inanti e chosi seghuta chome di sopra si disse Questo ci a insegnato la ssperientia la quale al continuo si uede in ciascun fiume e massime nella perchussione de lati de sua gholfi.



2

CA 762R

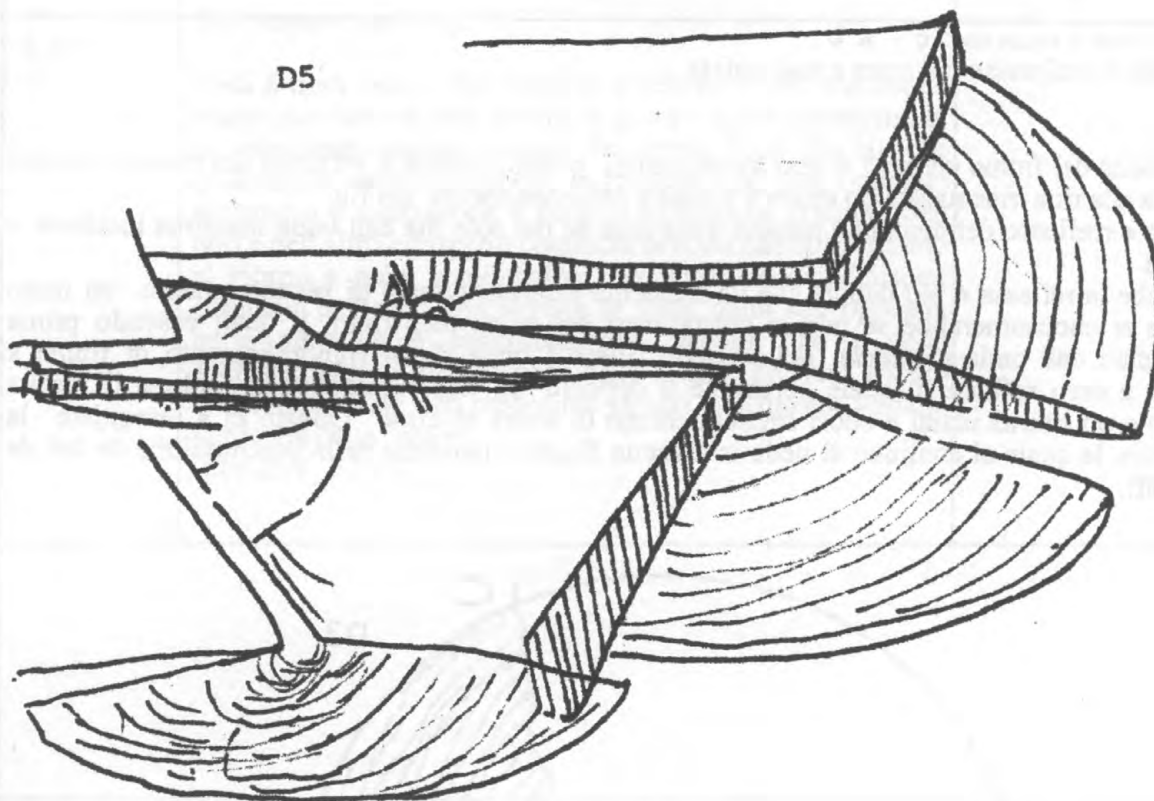
D5, 6

Del frusso e rrefrusso del mare e sua varieta. (2)

Altra foce:

El flusso e rreflusso del mare e chavsato dal chorso de fiumi che rendano l acqua a esso mare chon moto piu tardo che l moto del fiume e per quessto neciessita fa elevare l acqua in alto. Il qual fiume ricopre il suo corso colla velocie onda riflessa contro all avenjmento del corso d esso fiume.

D5



2	Flux and reflux in the sea.	
CL 31V 1-2	Quella parte del frusso e refrusso del mare sara di maggior varieta dalla sua somma altezza alla infima bassezza la qual fia piu vicina alla sua causa	

2	"Come i pelaghi fanno il frusso e rifrusso a similitudine del mare".	
CL 15R 36-41	Come i pelaghi fanno il frusso e rifrusso a similitudine del mare ma non con si lungo tempo e questo accade quando limpeto del fiume maggiore riempie la foce del minore ne la quale lacque ringorgate s inalzan tanto che acquistano peso tale che lacqua del maggior fiume non la puo sostenere onde si mette in fugga e quella ch era ringorgata nella foce la segue con impeto e fa un altra ringorgazione nel fiume simile a quella della foce e cosi or luna caccia latra e or l'altra luna van seguitando con continua varieta mutazione. (See similar discussion in 35R 20-48 (2, 4, <u>12</u>))	

2	Fluvial flux and reflux as cause of tides.	
CL 5R 3-5	Libro 9° delli iscontri de fiumi e lor frusso e refrusso e la medesima causa lo crea nel mare per causa dello stretto di Gibilter e ancora accade per le voragini	

2	Here we have 3 different statements on flux and reflux: an analogy, geographical variations, superposition of steady and periodic flows, surface gradient in oceans due to input by rivers.	
CL 17V 10-13	<p>Sel frusso e refrusso nasce dalla luna o sole o vero e lalitare di questa terrestre machina.</p> <p>Come il frusso e refrusso e vario in diversi paesi e mari.</p> <p>Come le bocche de mediterani versan piu acqua nell oceano ne loro frussi e refrussi che non fa loceano in detti mediterani.</p>	

2	Fluvial cause of flux and reflux in the sea.	
Ms G 48R T1	<p>acqua</p> <p>Del moto dun subito enpito fatto da un fiume sopra il suo letto assciucto.</p> <p>Tanto e ppiu tardo o velocie il chorso dell acqa data dallo isbochato lagho al secho fivme quanto esso fiume fia piu largho o piu stricto over piu piano o chupo nun locho che in un altro</p> <p>per quel che e propossto il frusso e refrusso del mare che dello occieno entra nel mediterano mare e de fiumj che giosstrano chon luj alzano tanto piu on meno le loro acque quanto tal mare e ppiv o meno stricto. (T1)</p>	

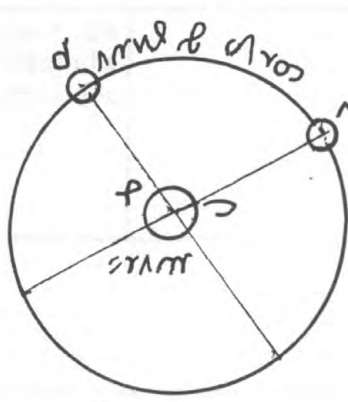
2	Flux and reflux through the straights of Gibraltar associated with evaporation.	
CA 978bV c. 1513-14 353cV	L acque date al mediterano per piogie e per fiumj si rendano all ocieano per lo stricto gadetano chon tanto meno acqua quanto lle uene ne beano e quanto il sole ne vapore e cquessto eciesso e chavsa del fruso e refrusso perche nel frusso il mediterano si rinchorcha per il ocieano che refrette e refruso per lo mediterano che ssi issgorgha.	

2	Flux and reflux driven by power of fluvial flow.	
CL 35R 20-25 C.R. 12	<p>Io ho veduto in 2 piccoli canaletti di larghezza</p> <p>Ma quel che io voglio di lor referire e che quj si creaua frusso e refrusso d aleza d un 4^o di br jl quale si chausaua ora d alluno e ora dall altro canale come si dira, Il primo canale piu potente vinceva lavvenimento dell acqua dell opposto canale e le multiplicava in contra e la ringorgava e lacqua che sopra veniva dal fiume ringorgato. . .</p>	


2	Seas flux and reflux role in generating rivers.	
CL 31V 3-4	Variasi forte il frusso e refrusso del mare vicino a che lochi donde le vene delle acque si partan de fondi de mari per dare le continue acque alli fiumi che delle alti monti poi discendano	


2.8

2	"...e così uediamo fare al mare..." Oscillatory motion in the sea.	
CAR 2R	Il moto ventilante ancora che nasca senpre dall inpeto esso si genera in diuersi modj e in diuersi corpi e cquesto si uedra alcuna volta n vn graue sosspeso a una o piu corde o altrj sosstentculi a esso graue superiori o inferiori alcuna volta nell br dell equjlibra intorno a ssuo polo alcuna volta nella barca posta sopra dell acqua s sspesso nell acqua dentro allj sua vasi o nel uento riperschosso infra lle pariete de mvri e l medesimo vegiamo de fuochi ne sua forneltj e così uediamo fare al mare e in diuersi golfi di fiumj.	

2	As in another passage, Leonardo confuses wave motion with material motion and finds an objection based on a velocity water could not acquire.	
CL 26V 56-66 D4	<p>Del frusso e refrusso del mare e come la luna non lo move</p> <p>Corso di luna <i>a b c d</i> mare [D4]</p> <p>Se l motore con semplice moto si tira dirieto il suo mobile per linia retta tanto fia il moto del mobile quanto quel del suo motore e l simil fa nel moto circolare essendo equalmente distante dal centro del mondo si il moto del mobile come quel del motor suo. Ma se saran inequalmente distanti come se l motore movessi il taglio della rota e l mobile fussi posato sopra del polo allora fia tanto maggiore il moto del mobile quanto egli e piu remoto dal centro che non e la cosa posata in sul polo. Ecco adunque la luna che move $\frac{1}{4}$ di giornata lacqua del mare miglia $916 \frac{2}{3}$ [* velocita oraria] cioe in 6 ore la qual cosa appena la folgore e si veloce e lacqua del mare in tal tempo non si vede muovere adunque la luna non la move ma e bevuta dalla terra</p>	

2	Wavy surface of the sea.	
CL 17V 39-42	Perche la superfizie del mare si vede di varie chiarezze e oscurita essendo laria uniformemente serena. Perche londe del mare son fatte con interrotti e disordinati gobbi e valli. Perche londe son piu alte dove lacqua e piu basss inverso la riva. Se londa cominciata da una riva del mare procede insino all opposita riva o se il vento la lascia o no	

2	Wave breaking on a beach. Description is much better in CM II 64R T1D1	
CM II 24R T3D3	L onda s aroverscia indiriato e torna di sopra e percossa nel lito fa il tomolo e ritorna di sotto.e ssi scontra di novo nella succedente onda che viene di sotto e lla percote di sotto e lla riarroverscia di nuovo indiriato e cosi sucessivamente seguita.	


2	Waves breaking on a beach. Desription is much better than that of CM II 24R T3D3	
CMII 64R T1D1	L onda del mare che percote la riva obliqua sopra di quella si ronpe con inpeto. Dopo al quale ronnimento consuma il inpeto col correre per la spiaggia da llei percossa. E nnel tornare indiriato percote la basa della succedente onda e lla ritarda. Onde caminando piu la cima che lla basa dell onda essa cima si viene a rritrovar senza sostentaculo e per quessto ruina sopra la sua predetta basa la qual dopo la percussione entra sotto la schiuma e cquella sol lascia indiriato. La quale schiuma cammina contro alla basa dell onda che succede.	

2	Superposition of two waves.	
CL 21V 26-29	Mai il moto refresso dell acqua sara piu alto che l moto incidente se gia non fussi per risaltamneto dacqua inclusa infra la percussion di 2 onde che infra laria risaltassi. Lacqua infra lacqua non pesa se non si move	

2	Different questions about sea and river waves.	
CL 11V 31-36	Perche londe del mare e de fiumi si multiplichino e come nascano o manchino. Delle linie e moti delle onde e donde nascano e perche verso si muovino. Perche li balzi eccessivi dell onde e lor creazione son 3. Perche londe del mare e fiumi son molte maggiori luna volta che laltra sotto una medesima potenza di vento. Perche lacqua comincia a cadere della sommita dell onda piu nun loco che in un altro. Perche in un medesimo pelago di mare londe e la fortuna e grandissima e in un altro e il mar pacifico e tranquillo.	

2	Flux and refflux in "pelagho" connected to canal.	
Ms F 6V T1	<p>l frusso e refrusso e doppio nvn medesimo pelagho perche esso sara molte volte nella bocha di tal pelago inanzi che sia il grande nel pelago grande e cquessto acchade che llonda del p^o frusso corre forte in fral pelagho e nel tenpo che tale onda seguita il suo inpeto quella della bocha fa il suo refrusso e avantj che llonda che ssi ingolfa sente i refrusso di tal bocha di pelagho ga rinasscie il frusso in essa bocha e in quel tenpo londa ingolfata si ferma allentando il suo inpeto quando la seconda ingolfatione della 2^a onda rinassce e cosi se ne ingolfa tante desse onde chel pelago inalzato le sue acqe ritornan con inpeto indiriato el refrusso che ritorna indiriato da essa bocha non singolfa piu nella 3^a o 4^a insino a ttanto chessa la p^a acqa non e disgolfata (T1)</p>	

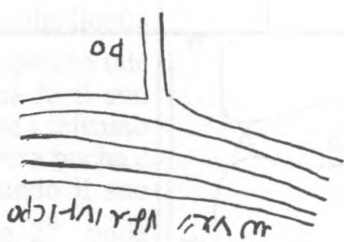
2	Impact of waves and their different effects.	
CL 11V 44-45	Perche una medesima potenza e grandezza donda a percotere piu nun loco che in un altro fa piccolo o gran rompimento e balzo.	

2	<p>Wave hitting breakwater.</p> <p>In my IIHR Monograph on Ms F. I have rendered 'scoglio di mare' as breakwater, but taking into account D1, we should bear in mind only those with a vertical plane side. The wave should satisfy certain conditions also, not only the wall. The determination of the meaning of 'altezza del principio del moto incidente' could constitute an interesting problem for further study of T2 D2. I have given a hint of my interpretation by rendering 'principio' as initial level; the water climbing up the wall would be the final phase of the process.</p>	
Ms F 25R T2 D1	Il moto refresso. non sara mai dell altezza del principio del moto incidente se no perchote come fa londa nello scoglio di mare.(T2)	

2.9

2	Topic to be included in this chapter.	
CA 218R	Pruova della corente marittjma.	


2	Surface and deep currents in the sea.	
CA 576bV c. 1490-2 (215vV) B	Se la fortuna del mare chore di sopra per leuante chorera di sotto per ponente.	

2	Sea currents.	
CA 576bV c. 1490-2 (215vV) D7	<p>Figura con: Po - Mare Adriatico</p> <p>Cerchio doppio</p> <p>L acqua che manca per la chorente in e due contrari marj mediteranj chi li ricieve (?)</p> <p>La chorente non e se non ne mari che conferiscano a l ociano il mare Chaspo ne paduli non n anno corente nel tenpo che l mediterano Indicho corre per leuante il mediterano di ponente core per ponente.</p>	

2	Current from the Black Sea into the Egean Sea.	
CL 31V 12-15 CR 3	I nello stretto di Tracia (Bosphorus) il mare di Ponto (Black Sea) sempre versa nel mare Egeo e mai l'Egeo in lui e questo deriva che l'mare Caspio che con 500 miglia li sta per levante colli fiumi che in lui versano sempre versa per cave sotterrane in esso mar di Ponto e l'simile fa il Tanai (Don) col Danubio in modo che sempre esse acque Pontiche son piu alte che quelle dello Egeo e per cio le piu alte sempre discendano nelle basse e non mai le basse nelle alte	

2	"Come per lo stretto di Cicilia la corrente e grandissima '.	
CL 13R 8 -9	Come per lo stretto di Cicilia la corrente e grandissima perche di li passan tutte lacque de fiumi che versan nel mare Adriatico	

2.10

2	Pools connected to the sea.	
<p>Ms F 40 V T1-2 D1</p>	<p>stagno mare perche li stagnj son generati per esso al mare e perche le lor gran dilatation versano in mare per si stretto canaledai lati del quale e ffatti si grande argine in fra sse el mare. (T1)</p> <p>le fortune del mare gittano a rriba gran quantita di rena la qual sinalza per tutta essa riva cosi sopra la bocha dello stagno come altrove e ciesato la fortuna la bocha dello stagnjo riman ciusa della predetta materia gittata dal mare e llacqua che llo stagnjo ricieve da circostanti fiumj non trovando piu esito si ua inalzando e acqujstando peso e potentia e cosi o ronpe largine interposta in fra se el mare o ella trabocha di sopra e col suo versamento consuma tanto di tale argine quante essa tocha e tanto perseuera tal corso che ella sconbera dinanzi a sse tutta quella materia che proibiva il suo necessario issgonbramento e daltro non consuma se non tanto quanto bisogna e nel principio allarga assaj perche lachqa che versa sopra la cusa della bocha e ssottile e nel fine si ristigne il corso di tale acqa perche tal corso se fatto piu grosso per lacqujstata profondita e cquest e lla causa che tale usscita dellj stagnj in mare senpre e stretta. (T2)</p>	

2	<p>River going through a Lake or a sea through which a river goes..</p> <p>T3 was left unfinished. The last sentence begins with a large capital M. Ravaisson-Mollien rendered the M as 'Mais'. Marinoni left the M standing, and in a footnote indicated that could have been the name of a lost manuscript. I chose to render the M as 'but' because surely Leonardo wanted to say something about the water in the lake surrounding this 'river' going through it. D2 would be deceiving, unless one takes the sketch to represent a rather short rectangular lake; more like a canal entering and leaving a small basin. The fluid-mechanical problem is not a simple one, and all possibilities should be considered in a further study of this folio.(See also CA 201R and Ms G).</p>
<p>Ms F 68V-R T2-4 D2</p>	<p>Domandasi se un fiume che passa per un lagho guasta la unjforme distantia che auea lu superfite di tal lagho dal centro del mondo auanti che esso fiume passassi pel predetto lago</p> <p>Questo e bel qujsito e mostrasi che ttal superfite guasta lunjforme distantia dal centro del mondo pel dare transito al detto fiume per la 4^a che mostra lacqa non moversi sella non disscende he quj bisosongnja intendere se lluscita di tal fiume a llargeza simjle alla entrata e sse cosi e egli e necessario che tale acqua sia dunjforme corso per la 7^a che mostra chel moto dognj fiume con equal tenpo da in ognj parte della sua lungheza equal peso dacqa Ora sel fiume mettea acqa che uole a vn br di calo per mjpglo volta carta (F 68R T2).</p> <p>essendo come detto la largeza della vsscita eguale a lla largeza della entrata. egli e necessario che tutto il fiume che passa per lo lagho abia ancora luj vn br di calo per mjpglio e cosi lacqa di tale lagho sasa colla sua pelle con distantia varia dal centro del mondo M lacqua ara tal corso (T3)</p> <p>Quella parte dell acqua del lagho sara di piu tardo moto la qual si troua piu remota dalla linja breuissima che a lentrata coll uscita del fiume che passa per esso lagho. (T4)</p> <div data-bbox="1084 917 1303 1380" data-label="Image"> </div>

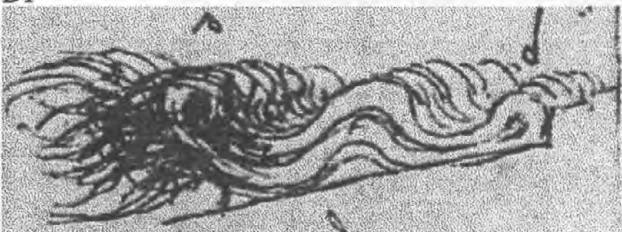
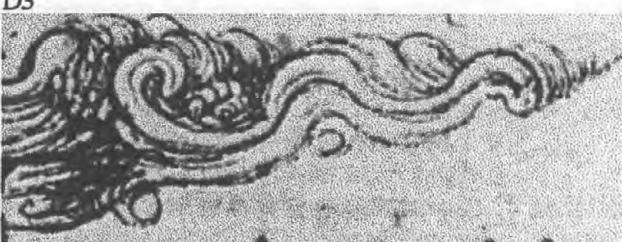
2.11

2	Sediments enter the sea.	
CL 20R 7-8	Perche i fiumi sempre entran turbidi sottile lita infra le acque salse e sempre il mare a ai sua liti arida e ruvida rena	

2	Sedimentary formations on the sea bed.	
CL 35R 49-54 C.R. 7	Creassi li sassi faldati nelle gran profondita de mari perche il fango che le fortune spiccano dalli liti marini esse ne li portano in alto mare coll onde refresse dopo le qual fortune si scarica sopra de fondi de mari dove non avendo mai fortuna il mare per la gran distanza che esso a dalla superficie si ferma e si petrifica e alcuna volta resta in creta bianca da fare boccali e cosi a gradi di diverse obblighita si compone con soli di tante varie grossezze quante sono le varietà delle fortune maggiori o minor	

2	Transport of stones by the sea motions.	
CL31V 26-42 C.R. 7	Tutte l uscite dell acque dal monte nel mare portan con seco la ghiaia del m li sassi del monte in esso mare e per la inondazion dell acque marine contro alli sua argini monti esse pietre eran rebuttate inverso il monte e nell andare e nel ritornare indiriato delle acqua al mare le pietre insieme con quella tornavano e nel ritornare li angoli loro insieme si percoteano e come parte men resistente alle percosse si consumavano	

2	Transport in breaking waves.	
CL 26V 15-21	-Nella percussione che- Quando l'onda percossa nel lito marino e ch'ella torna indietro pel fondo del mare dopo il suo tomolo essa si scontra coll'onda succedente che vien dalto mare e in quella si frange e si divide e parte ne salta inverso il celo e po ricade e torna indietro e parte inverso il fondo del mare la quale procede inverso il mare portando con seco la parte inferiore dell'acqua che la percosse il che se cosi non facessi l'aliga e la turbolenza delle fortune non si potrebbe partir dall'un lito e scaricarsi all'altro.	

2 CL 26V 21-30 D1, D3	Impact of waves and transport phenomena of things in the bottom.	
<p>Se acqua del mare torna inverso il mare sopra il suo fondo dopo la percussione fatta nel suo lito come po' ella portare con seco li nichi lumache buovoli e cappe e altre simile cose nate nel fondo dle mare e gittarle sopra esso lito. Questo moto delle predette cose inverso lito nasce quando la percussio de l'onda incidente divide l'onda refressa inellanti dette 2 parti che spesso le cose levate dla fondo saltano nell'onda che ritorna al lito e per essere lor corpi densi sono sospinti inverso il tomolo il quale poi li ritira con seco inverso il mare e cosi fa successivamente insino che la fortuna comincia a mancare e di grado in grado gli lascia dove aggiugne la maggiore onda cioe che non ritornando la succedente onda al medesimo segno dove essa scarico la portata preda esa preda riman dove fu posata da l'onda e cosi segue nel succedere la diminuzione dell'onda. (21-30)</p>	D1	
	D3	

2	Coastal sedimentation in seas.	
CL 20R 16	Come le rive del mare al continuoi acquistano terreno inverso il mezzo del mare	

2	Transport phenomena in coastal morphology.	
CL 22V 26-29	<p>Come londe de mari consumano al continuo i loro promontori e scogli</p> <p>Come le rive de mari al continuo crescano inverso il mezzo del mare</p> <p>La cagione perche si crea i golfi de mari</p> <p>La causa perche i golfi si riempian di terra o aliga</p> <p>La causa perche intorno alle spiagge de mari si trovi grande e alta argine detta tomolo del mare</p>	

2	Rivers take sediments to the Mediterranean sea.	
CL 17V 14-16	<p>Come la terra portata a medietrani dai fiumi che denro vi versano cacciano esso Mediteran del sito suo</p> <p>Come il moto delle acque transmutano il centro della terra e dell acque del suo sito</p>	

2	Movansi al continuo i liti marittimi inverso il mezzo del mare e . . ." Case of the Po river.	
CL 10R 10-15	<p>Movansi al continuo i liti marittimi inverso il mezzo del mare e lo scaccian del suo primo sito. Riserverassi la piu bassa parte del Mediterano per letto e corso del Nilo fiume massimo che versa in esso mare. E con lui saccompagnera tutti li fiumi sua aderenti che prima in esso mare le loro acque versar soleano come far si vede al Po colli aderenti sua li quali prima versavan nel mare che infra l Appennino e le germaniche Alpi si serrava unito col mare Adriatico</p>	

2	Compare with statement about the Po filling the sea between the Alps and the Appenines (10R).	
CL 20R 17-20	<p>Come e mediterani scopriranno i lor fondi all aria e sol riserveranno il canale al maggior fiume che dentro vi metta il quale correra all oceano e ivi versera le sue acque insieme con quellle di tutti i fiumi che con seco saccompagnano</p>	

2	<p>Why sea water is salty. Refers critically to Plinio. These two pages are full of qualitative considerations of different kinds; some of them of interest to flow and transport processes. In connection with 48V T1, it seems strange that Leonardo would have overlooked the well known case of the Dead Sea. In 49V T4, Leonardo postulated a conservation of salt as it passes through different processes. It seems obvious that he could not have based this postulate in many measurements, except the case of adding salt to water and recovering it by drying up the mixture.</p>
<p>Ms G 48V-49R T1</p>	<p>perche lacqua e ssalsa</p> <p>dicie plinio nel 2^o suo libro a 103 capitoli che lacqua del mare e ssalata perche li razi solari Lardore del sole abronza e secha lumjdo e quello succia e cquessto al mare che molto sallargha da sapore di sale Ma cquensto non si conciede perche sella salsedine del mare avessi chavsia dallo ardore del sole e non e dubbio che lli laghi tanto maggiormente stagnj e padulj dove laeque sarebbero piu insalati quanto le loro acque son mancho mobilj ed di mjnore profondita e lla esperienza ci mostra in chontrario tali paduli ci mosstran le loro acque essere al tucto private di salsedine Acora sa segnia da plinjo nel medesimo chapitolo che tal salsedine potrebbe nasciere perche leuatone ogni la parte dolce dell'acqua ressa lasspra e ssottile parte la qual facilmente il chaldo a sse tira rimane la parte piu asspra e piu grossa e per questo lacqua che e nella superfitie e piu dolce che nel fondo Contro a cquessta si contraddicte cholle medesime sopradette ragione cioe che il medesimo acciaderebbe alli paduli e altre acque che per il chaldo sassciughano Achora fu ddetto che la salsedine del mare e ssudore della terra a cquessto si risponde che tutte le uene dell'acque che penetrono la terra sarebbero insalate Ma si conclude la salsedine del mare esser nata dalle molte vene dacque le quali nel . . . (48V T1)</p> <p>. . . penetrare la terra trovano le vene del s</p> <p>le mjnere del sale e quelle in parte si soluano e portan secho all'occieano e lli altri mari donde maj li nuvoli semjnatori delli fiumj maj non leuano e sare piu salato il mare alli nostri tenpi che maj per alchun altro tenpo fussi e sse per lauersario si diciessi che il tenpo infinjto secherebe over congelerebe il mare in sale a cquesto si rissponde che tal sale si rende alla terra cholla liberatione dessa terra che sinalza col suo acquistato sale e lli fiumj lo rendano alla somersa terra. (48V T2)</p> <p>terza e vltima ragione direno il sale essere in tutte le cose create e cquessto cinsegnja le acque passate per tutte le cienere e chalcine delle cose bruciate e lle orine di quallunche anjmale e lle superfruita vsscite de lor corpi e lle terre nelle quali si conuertano le corrution di tutte le cose. (49R T2)</p> <p>cavasi il sale de lochi dove pisscian li porci e li venti marini son salati</p> <p>ma a dire meglio essendo dato il mondo eterno e gli e neciessario che lli sua popoli sieno anchora loro eternj onde eternalmente fu e ssarebbe la sspetie vmana consumatrice del sale e sse tutta la massa della terra fussi sale non basterebbe alli cibi vmanj per la qual cosa ci bisogna chonfessare o chella spetie del sale sia eterna insieme chol mondo o che quella mora e rinassa insieme cho gli omjn dessa divoratori Ma ssella essperienza cinsegnja chel non avere morte come per il focho si manjesta il qual no llo consuma e per lacqua che di tanto si sala di quanto ella in se rerisolve evaporando lacqua sepre il sale ressa nella prima quantita ne vale passare per li corpi vmanj che in orina o in sudore o altre superflujta fia ritrovato e cquato e il sale che onnj anno si porta alle citta adunque direno che lle aequie che pe piogge penetratrici della terra sie quella che sotto allj fondamenti delle cita e popoli sie quella che per li meati della terra renda la salsedine leuata dal mare e chella mutation del mare stato sopra tutti li monti lo lasci per le mjniere ritrovate n essi monti, ecc (49R T4)</p>

2	" Dove lacque dolci polulano nella superfitie del mare ". Islands formation in the seas.	
Ms G49V T3	dove lacque dolci polulano nella superfitie del mare e manjfeito prodigio della creatione dvna isola la qual si scoprirra tanto piu tardi o piu pressto quanto la quantita dell acqua che ssurgie sara di mjnore o magior quantita E quessta talle isola si gienera della quantita della terra o chon onsumation di sassi che ffa il corso sotteran dell acqua per li lochi dond ella disscorre. (T3)	

3	Differences in salinity of sea waters.	
CL 11V 17-20	Come molte vene dacqua salata si trova fortemente distante da mare e questo potrebbe accadere perche tal vena passassi per quache miniera di sale come quella d Ungheria che si cava il sale per le grandissime cave come qua si cava le pietre (17-19) Come inelli scogli circondati dalli acque salse e infra esse acque salse medesimamente surgano in molti lochi lacque dolci. (19-20) (See Cl 11V (2))	

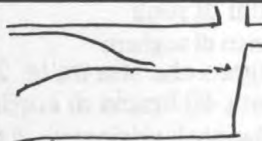
2	Deep sea water is fresh (! !)	
CL 21V 4	Lacque de mari salati son dolci nelle sua gran profondita.(4)	

2	Phenomena in turbid and salty waters.Considering T4 together with other similar passages, I would say that the use of "resistentia" here is a way of talking about the Archimedean buoyancy force.	
Ms F 70V	Lacqua del mare e de fiumj torbidi e piu grave che llaltre acque e per conseguenza piu resiste alli pesi da lloro portati Ma piu resiste lacqua del mare perche il peso del sale che con lej e mjsto e liquefatto e inseperabile da lei senza calor che disechi lacqua Ma lla turbine dell acqua si sepera col caldo e colla qujete dessa acqua. (T4)	

2.12

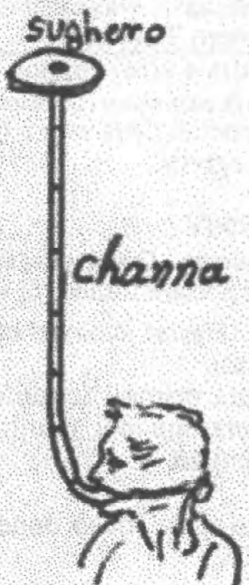
2	Drawings of boats. Marinoni: "Varie figure di scafi muniti di pale rotanti, mosse da cogegni piu o meno complessi situati all' interno; la prua è spesso acuminata e atta a speronare le navi nemiche"
CA 1063R (384bR)	Sopra una nave in sezione Quandmo sara aviata j remj non aran fatica Foglio riportato in posizione. Sopra una ruota in parte dentata: 1/20 Prua acuminata con: se Fondamento

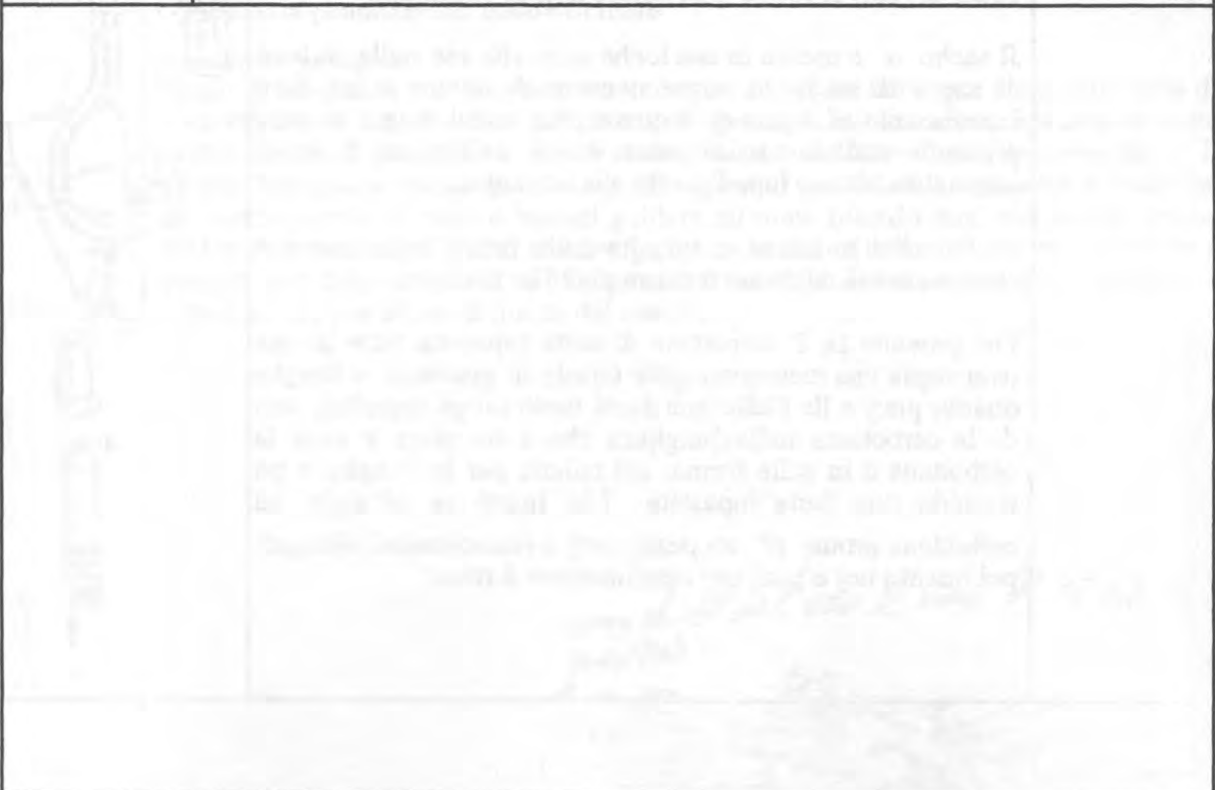
2	Effects of wind, current and wave on ship.	
Ms M 41V T1-2	dimando se llonda overo il navilio camjna quanto londa che llo porta o quanto il vento che llo sosspinge o sse participa dell uno o dell altro moto (T1). e sell marinaio a lla corrente in favore el uento contro so che essendo dequal potentiachel navilio resta nel suo primo sto. (T2).	

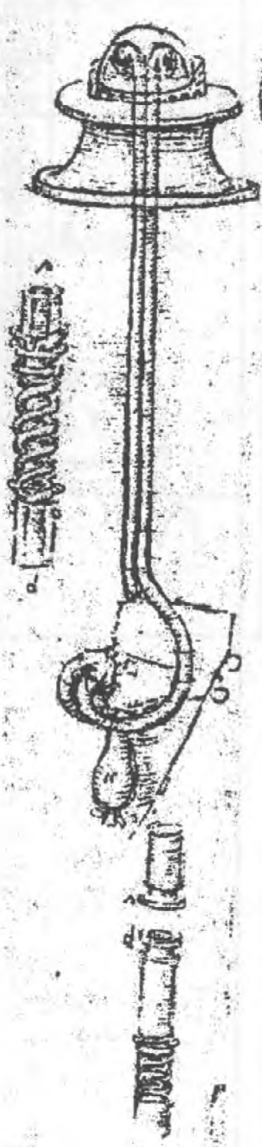
2	"Di diverse figure delle secche coperte in mare"	
CL 13R D7 41-42	Delle diverse figure delle secche coperte ne fiumi. Di diverse figure delle secche coperte in mare e saperle cognoscere nel vederle discosto	

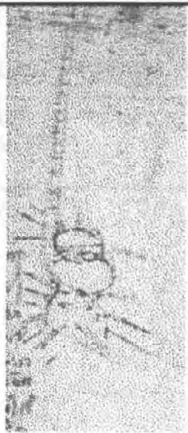
<p>2</p> <p>CA 909V (333V)</p>	<p>How to destroy the enemies ships. Marinoni: "Tema principale: una serie d'azioni militari progettate contro la flota nemica (turca?). Si tratta di condurre una piccola barca sotto la poppa di una galea e incendiarla : di catturare le galee dei cappi e affondare le altre; di ancorare una galea legandola al fondo all'insaputa el nemico. L'azione principali dev'essere però compiuta da un palombaro (M. describes l'abbigliamento). Le figura mostrano una grossa vite che perfora la chiglia di una nave. " etc. (more on p. 909)</p>
<p>In alto Ferma le galee de padronj e l altre anjega di poj e da fuoco a la bastia de la bonbarda. A sinistra, piccole barche sotto grosse navi: Quando e fatto la guardia metti v navicielo sotto la popa che sia piccolo e da fuoco a tutte a vn tratto. Chiglia di navi fissata con corde: Da legare vna gale al fondo M da l opsita de l ancora. Vna vestigia di panziera (panzera ?) ce faci papafico givbon e calze e vn otricielo da orinare vna vesta di panziera e l otro ce tie l alito con 1/2 cierci di fero che la tengi dischosto dal peto. Se arai vna бага intera chun anjmela da palle (di pelle ?) quando la sghonfieraj n andraj in fundo tirato da saci del sabione quando la ghonfieraj tor(n) erai su sopra l acqua Vna masschera cho li ochi cholmj e di uetro macche il peso sia di qualita che lo leuj con tuo notare. Porta v coltel che tta(g)li ben acciaio ch una rete no ti piliassi Poreta con te du bagette o 3 sgonfiate e da gonfiare come le balle pe bisognj Piglia conestavoli #a ttuo modo e segretamente cho molti legamj gli mettj su la riva. Ma prima fa patto per istrumento come la meta de la taglia sia tua libera senza alchuna aciezione (eccezione ?) e l diposito de prigionj stieno a preso a Maneto^; e (l) pagamento sia fatto in mano di Maneto, cioe di detta taglia. A destra, dall'alto Grossa vite entro la madre vite: femjna Congegno montato su doppio scafo, particolari delle viti Ognj cosa sot acqua coe tutta la seratura Figura di palombaro a mezzo busto Gran de figura del conegno perforante Qui sta l omo Indumenti per palombaro Zubon calcie Sul margine, rettangolo di blocchi incastrati Palco piano Figura intera di palombaro con maschera e sacchi di sabbia: disperse (separate?) da la uesta se bisoniasi ronperlo sachi di rena Carico di sughero Sugero che stia tra le 2 acque Porta 40 bracia di corda apicata a sacco de la rena. #Marinoni: prigioneri ^ Calvi, p. 72. ("taglia = bribe ?)</p>	

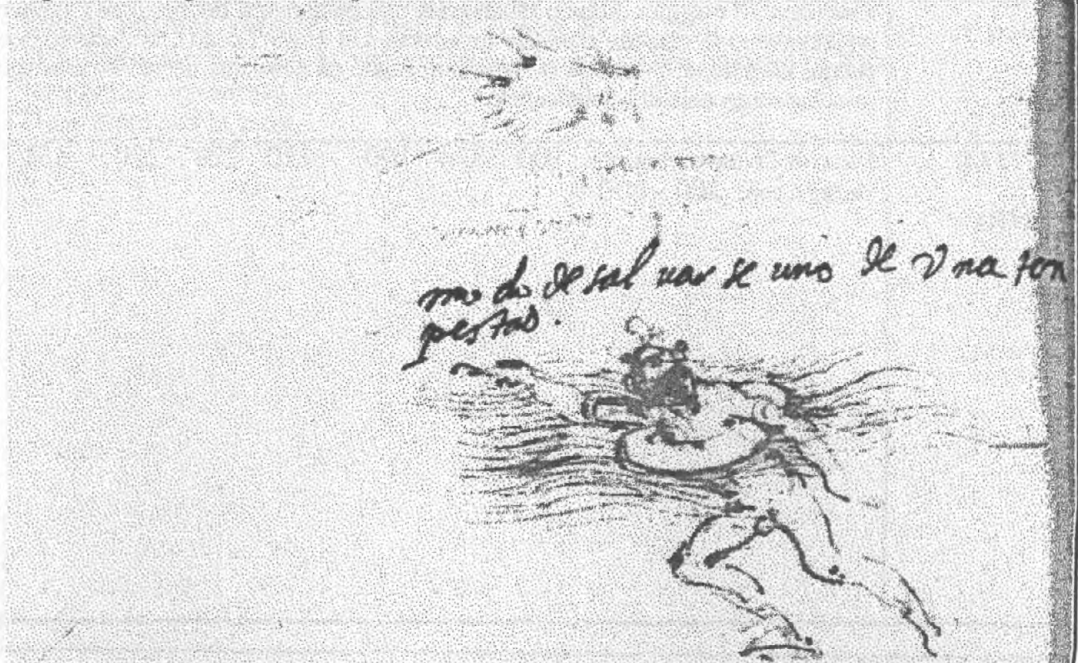
<p>2</p> <p>CA 950R-V</p> <p>(346aR)</p>	<p>Naval warfare (against the Turks ?)"Nella meta destra: note e disegni per la guerra navale (950R)</p> <p>"La meta sinistra ha altri piccoli disegni (tra cui figure umane) e un gruppo di ricette (950V)</p> <p># Ferro adunco, ritorto a guisa di uncino (incrocio tra "ronca" e "uncino"), ronciglio. ^ Dimmi</p> <p>*Pianelle con tacchi alti ~ Sonnifero + Antidoto nel caso in cui si sia colpiti dal fumo velenoso @ Verbasco o tasso basbasso & Forse "labbro di Venere", cardo.</p>
<p>Metà destra</p> <p>Guastero il porto</p> <p>Se infra 4 o(re) voj non vi rendete andrete in fondo.</p> <p>Testa di palombaro con respiratore</p> <p>Acconciati detto otre a boca quando se jn mare a co non fusi uisto il tuo segreto.</p> <p>CA 950V</p> <p>Metà destra. Grande disegno con: filo per trovare il mezo</p> <p>Se ai a vsare il mare fa vn armadura di rame co le piastre sopraposte cosi (Figura) cioe per contrario de l altre a cio c un roncino # non ti pigliasi.</p> <p>Mjsura prima l fondo e se uedi che bastj solo il forare senza la somersione del naujlio quel segujta se non lega col modo disegnjato.</p> <p>Lungo tubo: buso donde es(c)ie l acqua quando si tira n baso l anello.</p> <p>Grossa vite con leva per fissarla: di m ^</p> <p>Bracia 12 la lieua braca 12</p> <p>Pe l ultimo voltare bisognia lieua torta.</p> <p>Per volgier questa vite mettiti vn paio di pianele a calgnjnj* o li ranpinj a cio che l pie tengal fermo.</p> <p>Natante a: remj</p> <p>Queste sono le maseritie (masserizie ?) appartenetj ma fa ce la бага che serue per barca</p> <p>e le maseritje e l uomo che v e su stia tra le 2 acque e fa a deta bag vn anjmela a co che sgomfiandola ne vadi in fondo a tua posta e le man facino remo.</p> <p>Meta sinistra.</p> <p>Il fumo decto alopiatiuo~</p> <p>Tollj seme di loglio.</p> <p>Riparo+: odor acqua vite jn banbagia o(i)o di dente cavallino@ delabro &.</p> <p>Seme e radice di mappelo e seca ognj cosa e ssa (fa ?) poluere e ncorpora con canfora ed e fato.</p> <p>Fumo mortale</p> <p>Toli arsenico e ncorpora con solfo o risalgallo</p> <p>Riparo: acqua rosa</p> <p>Rospo stilato cio rospotereste</p> <p>Baua di can rabioso e cornjo stilatj</p> <p>Tarante da Taranto</p> <p>Poluere di verderame o di calcjna avenenata per gittare in navjlj.</p>	<p>D</p>

2	Device for breathing under water. Marinoni: "A sinistra, un tubo con galleggiante consente la respirazione subacquea"	
CA 1069R c. 1480-2 (386bR)	Respiratore per subacqueo: Sughero - channa	

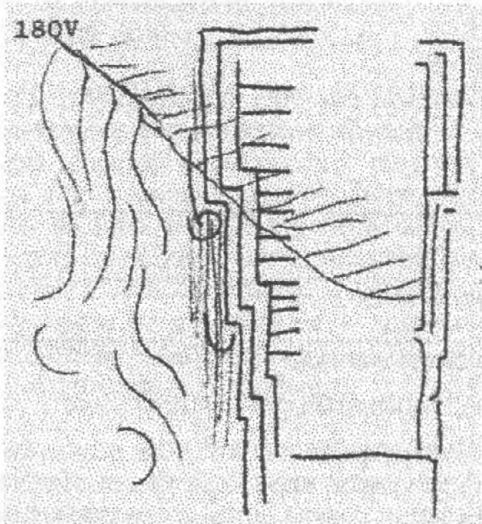
2	<p>"Quando vuoij stare di sopra gonfia vna бага e tira a tte il peso di sotto e camjna."</p> <p>Marinoni. "Tema principale: sommergibile a due corpi opposti e separabil, fornito vi vele, remi, pinne e 'baghe' per navigare in suoerficie e sott'acqua, di arpione e congegni a vite per speronare e fondare scafi nemici; nel sue intrno figure duomo o metta inferiore dello stesso. Cfr. L. Tursini, <i>Navi e scafandri negli studi di Leonardo</i>, in "Leonardo. saggi e ricerche", Roma 1954, p. 81-83.</p>
<p>CA 881R (320bV)</p>	<p>A destra, imbarcazione a doppio scafo con: aria - tenvta per 1000 - rena trenvt per 4000. Quando vuoij stare di sopra gonfia vna бага e tira a tte il peso di sotto e camjna.</p> <p>.....</p> <p>Mezzo uomo entro il sommergibile.</p> <p>Per che chagione le semenze anjmalje si seminam chon piacere e l paziente ricieve con piacere e partorisce chon dolore.</p> <p>Scafo(?), con: per canale da levare e porre.</p> <p>Scafo con: baghe</p> <p>Uomo entro apparecchio con: lb 20000</p>
	

2	"Mantaco", which seems to be a device to work on ships under water.	
CAR D1-4	<p>24V</p> <p>Modo nuouo di mantache il quale serue benissimo.</p> <p>Quessto e perfettjssimo da chalafatare in qualunque parte del luj aggo senza fare mostrare carena</p> <p><i>a b</i> e in che modo lj pezi delle channe si gungano insieme e cquesstj fili anno a essere come vna mezana chossta di coltello e debbono essere tenperatj acco che nel piegarsi tucta la canna esso ferro non risserui la sua pieglatura. E cquesto tal filo he possto de infra lle gunture delle canne dentro alli coramj che legano tal canne insieme acco che lla potentia che sspigne intorno a esso chorame no l uenjsi a richiudere perche essa potentia he grandissima e cquesto corame che ueste tal ferro debbe essere doppio acco che se quel di fuori si ronpe quel dentro non si chonsumj.</p> <p>Il sacho <i>n</i> e messo in tale locho acco che sse nulla cadessi di sopra tal sacho la possa riceuere di dentro senza dare impedimento all anjma dj dentro e ppoj ce tal sacho <i>n</i> sara pieno de materia eso si potra votare dalla parte di socto senza dare alcuno impedimento alla sua anjma.</p> <p><i>a b</i> sono le forme e ujcjnita delle frontj delle canne e chome esse si debbono fermare chol filo del ferro.</p> <p>Per provarla fa 2 cerbottane di carta inpastata fatte n una over sopra vna medesima asste equale in grosseza e lungha quanto puoj e lle l aste non fussi tanto lunga appichalj pezi de la cerbottana nella lungheza che a tte piace e caua la cerbottana d in sulla forma col taliarla per lo lungho e po rinsalda con carta inpastata Ma inantj ce allunghi tal cerbottana proua p^a co pezzi cortj e riussciendoti allungali poi quanto uoj e puoj per isperimentare il tutto</p>	

2	Device used in Indian Ocean by sea divers.	
Ms B 18R T1 D1	<p>Questo strumento s'usa nel mare d'India al cavare le perle e fassi di corame con ispessi cerchi a cio che il mare non la richiugga e sta di sopra il compagno colla barca a aspettare. E questo pesca perle e coralli e ha occhiali di vetro da neve e corazza di spuntoni per pesci.</p>	

2	Equipment to save oneself at sea.	
Ms B 81V T1-2 D1-2	<p>Pinna calzata su una mano</p> <p>Guanto con pannicoli per notare in mare</p> <p>Notatore con salvagente</p> <p>Modo di salvarsi in una tempesta e naufragio marittimo. Bisogna avere una vesta di corame ch'abbi doppi i labbri del petto per ispazio d'un dito e cosi sia doppio dalla cintura insino a ginocchio e sia di corame sicuro dello esalare (<i>impermeabile</i>). E quando bisognassi saltare in mare sgonfia (<i>gonfia</i>) per li labbri del petto le code del tuo vestito e salta in mare e lasciati guidare all'onde quando non vedi visina riva ne abbi notizia del mare. E tieni sempre in bocca la canna dell'aria che va nel vestito e quando per una volta o 2 ti bisognassi torre dell'aria comune e la schiuma t'impedissi tira per bocca di quella del vestito.</p>	

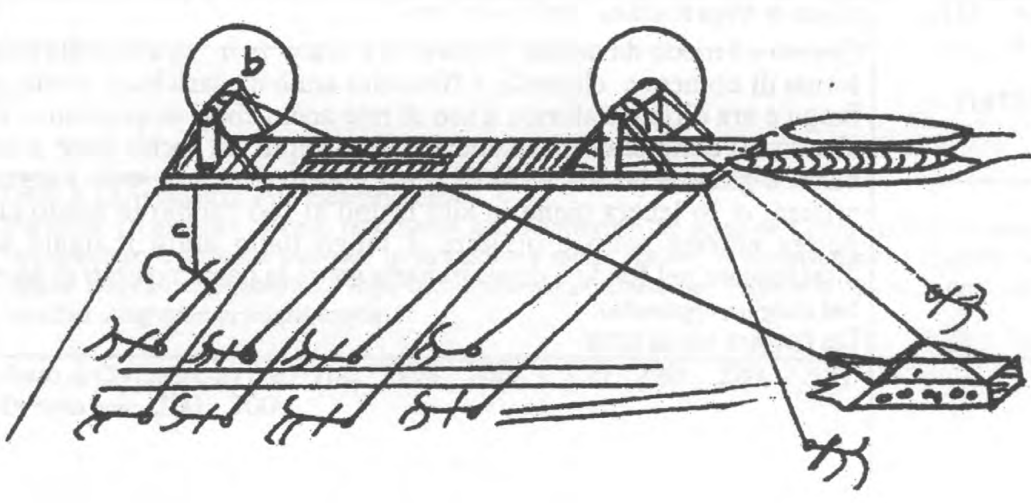
2.13

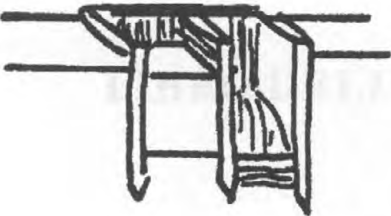
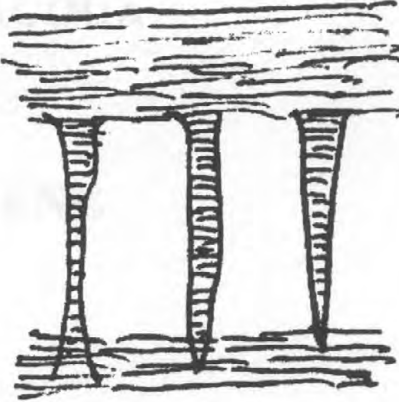
2	Porto di Civita. (A destra molo di Civitavecchia -1514- see Heydenreich Rac. Vin. 1930-34) Leonardo's text seems to be about imperial ruins.
CA 180V D3	<p>Fronte del muro del porto di Civita.</p> 

2	<p>Porto di Civitavecchia with measurements.</p> <p>Marinoni: "Il maggior disegno rappresenta una planimetria del porto de Civitavecchia (i numeri rappresentano le distanze misurate in braccia) col molo Traiano, la darsena romana a destra coi natanti allineati e, a sinistra il forte cominciato da Bramante nel 1508 non ancora munito del maschio ottagonale di Michelangelo."</p>
CA 733R (271fR)	<p>Porto di Civitavecchia con: 100 334 100 - 220 220 220 - 351</p> <p>Darsena con: 200 - 300</p>

2	<p>Drawing of the port of Civitavecchia. Marinoni: Sotto gli scritti a penna un precedente disegno a matita relativo al porto di Civitavecchia (cfr. f. 267) le cui misure sono indicate a penna in alcuni numeri verso il margine destro (cf. Ped. Arch*, p.48 dove si mostra questo foglio essere un frammento d'un foglio più grande)</p> <p>*C. Pedretti, A Chronology of Leonardo da Vinci's Architectural Studies after 1500, Geneva 1962</p>
CA 313V (old 113Vb) D	.

2	<p>Maritime dredging machine. Marinoni: "In alto, draga maritima per la pulizia dei porti trattenute di numerose ancore con benna escavatrice (cfr. Tursini in "Leonardo saggi e ricerche" Roma 1954, p. 72)"</p>
CA 842R D1 (307br)	<p>Figura di draga maritima ; a b - n m</p> <p>Questo e l modo da nettare j^o porto e ll arato <i>m n</i> ara in nella fronte spuntonj in forma di uomere e choltello e ffa detto arato da caricharsi d una gran charrata di fango e ara diriето traforato a uso di rete acciaio che l acqua non si rinciuga in essa chassa. El detto arato si lassciera andare sopra del locho doue a cauare chon una barca e giunto che ffa al fondo l argano <i>b</i> lo tirera sotto l argano <i>a</i> e l detto argano <i>a</i> lo leuera pieno in alto insino al suo subbio in modo che la barcha uj potera entrare sotto e pigliare il fango dallo arato il quale arato si potera disschiauxare nel fondo e disscaricharlo sopra la barca posstalj di socto.</p> <p>Nel margine, apparecchio: Da portare via la terra.</p>

2	Maritime dredging machine. Marinoni: "In alto, draga maritima per la pulizia dei porti trattenute di numerose ancore con benna excavatrice (cfr. Tursini in "Leonardo saggi e ricerche" Roma 1954, p. 72)"
CA 842R D1 (307br)	<p>Figura di draga maritima ; a b - n m</p> <p>Questo e l modo da nettare j^o porto e ll arato <i>m n</i> ara in nella fronte spuntanj in forma di uomere e choltello e ffia detto arato da caricharsi d una gran charrata di fango e ara diriето traforato a uso di rete acciaio che l acqua non si rinciuga in essa chassa. El detto arato si lassciera andare sopra del locho doue a cauare chon una barca e giunto che ffia al fondo l argano <i>b</i> lo tirera sotto l argano <i>a</i> e l detto argano <i>a</i> lo leuera pieno in alto insino al suo subbio in modo che la barcha uj potera entrare sotto e pigliare il fango dallo arato il quale arato si potera disschiauare nel fondo e disscharicharlo sopra la barca posstalj di socto.</p> <p>Nel margine, apparecchio: Da portare via la terra.</p> 

2	"Del uotare portj"
Ms G 51V T1-2D1-2	<p>del uotare portj</p> <p>fa a chasse e cquando luna chassa e vota dacqa ed di terreno vota lacqua della sechonda cassa in quella che prima si voto e poj che e asciutta chava li pali della cassa rienpiuta dacqua e rifa col medesimo legname la chassa della seguente chassa ecc. (T1)</p> <p>modi vari disbochare lacqa in mare. (T2)</p> <div data-bbox="336 552 387 586" data-label="Caption">D1</div>  <div data-bbox="1156 633 1207 667" data-label="Caption">D2</div> 

LEONARDO DA VINCI

LIBRO DELL'ACQUA

3. DELLE UENE

**Sse ttu diraj che ll acqua monta alla magore alteza de montj come
bevuta o ttirata a uso di spugna . . .**

**Quj si risponde . . .
che l acqua che per se monta nella spugna . . .
non si spichera ne discendera maj dessa porosita
se non piv basa che la sua entrata nesso corpo**

CL3V

3.1

3	<p>"Dell acque dolce che surgono . . ." "Delle acque salse. . . "</p> <p>Miscellaneous list of topics within the theme of the water within the Earth behaving like blood in the veins.</p>
CL 18R 35-39	<p>Della fonte Pliniana.</p> <p>Dell acque dolce che surgono infra lacque salse.</p> <p>Come tutte le vene e fiumi del mondo sono congiunti insieme.</p> <p>Delle acque salse ehe versa che surgon ne paduli e valli e monti. Delle acque fredde che surgono infra le calde.</p> <p>Dell acque de lagon di Viterbo che si convertano in fumo.</p> <p>Delle concavita della terra.</p> <p>Delle miniere che sono congiunte insieme con continua ramificazione. Come il foco di Mongibello (Mount Etna) e notrito migliaia di miglia dentro alla sua uscita</p>

3	<p>" . . adunque potren dire la terra avere anima vegetativa e che la sua carne sia la terra li sua ossi sieno . . . "</p> <p>Earth as an analogous of the body of an animal. Rocks are the bones, earth is the flesh, etc.</p>
CL 34R 1-11	<p>Nessuna cosa nasce in loco dove non sia vita sensitiva intellettiva vegetativa e razionale. .</p> <p>. adunque potren dire la terra avere anima vegetativa e che la sua carne sia la terra li sua ossi sieno li ordini delle collegazione de sassi di che compongano le montagne il suo tenerume sono li tufi il suo sangue sono le <i>vene dell acque</i> il lago del sangue che sta di torno al core e il mare oceano il suo alitare e l crescere e discredere del sangue pelli polsi e cosi nella terra e il frusso e refrusso del mare e l caldo dell anima del mondo e il foco ch e infuso per la terra e la residenza dell anima vegetativa sono li fochi che per diversi lochi della terra spirano in bagni e in mniniere di zolfi e in vulcano e Mongibello di Cicilia e altri lochi assai. (1-11)</p>

3	<p>"Il corpo della terra a similitudine de corpi de li animali e tessuto di ramificazione di vene le quali son tutte insieme congiunte ., .".</p> <p>Analogy betw eenEarth and the body of an animal. Arguments againrt the role of rain and snow.</p>	
CL 33V 1-13	<p>Delle dirivazioni de fiumi</p> <p>Il corpo della terra a similitudine de corpi de li animali e tessuto di ramificazione di vene le quali son tutte insieme congiunte e son costituite a nutrimento e vivificazione dessa terra e de sua creati e si partano delle profondita del mare e a quelle dopo molta revoluzione anno a tornare per li fiumi creati dalle alte rotture desse vene</p> <p>e se tu volessi dire le piove il verno o la risoluzione della neve la state essere causa del nascimento de fiumi e si ti potrebbe allegare li fiumi che anno origine ne paesi focosi dell Africa nella quale non piove e meno nevica perche il superchio caldo sempre risolve in aria tutti li nuvoli che da venti in la son sospinti.</p> <p>E se tu dicessi che tali fiumi che vengano grossi il luglio e lagosto son delle nevi che si risolvono il maggio e l giugno per lappressamento del sole alle nevi delle montagne di Scizia (Scythia) e che tali risoluzioni si riducano in certe valli e fanno laghi dove poi entrano per le vene e cave sotterrene le quali riescano poi all origine del Nilo questo e falso impero ch ell e piu bassa la Scizia che lorigine del Nilo con cio sia che la Scizia e presso al mare di Ponto a 400 miglia e lorigine del Nilo e remoto 3000 miglia dal mare d Egitto ove versa le sue acque</p>	

3	<p>"Le ramificazione delle vene dell'acqua sono tutte congiunte insieme in questa terra come son . . ."</p> <p>Earth's veins are all connected like those in animals. Flow in those veins has increased and the sea level has decreased somewhat.</p>	
CL 28R 1-6	<p>Le ramificazione delle vene dell'acqua sono tutte congiunte insieme in questa terra come son quelle del sangue nelli altri animali e stanno in continua rivoluzione per la vivificazione di quella sempre consumando i lochi onde si movano cosi dentro alla terra come di fuori e molto piu acqua universalmente versano li fiumi che versare non soleano per la qual cosa la superficie del mare alquanto e abbassata declinata inverso il centro del mondo avendo auto a riempire il vacuo di tale accrescimento desse vene per la qual cosa diren poi</p>	

3	<p>" . . . e in questo caso fa come il sangue delli animati che sempre si move dal mare del core e scorre alla sommita delle loro teste e . . ."</p> <p>Analogy of animat and earth veins. Water flows like the blood, "dal "mare del core (alla) . . .sommita"</p>	
CL 21V 4-8	<p>Raggiransi lacque con continuo moto dall infime profondita de mari alle altissime sommita de monti non osservando la natura delle cose gravi e in questo caso fa come il sangue delli animati che sempre si move dal mare del core e scorre alla sommita delle loro teste e chi quivi rompesi le vene come si vede una vena rotta nel naso che tutto il sangue da basso si leva alla altezza della rotta vena</p>	

3	<p>"Perche esso sangue fugge per la sommita del capo." "Del sangue che sta nella sommita del capo"</p> <p>Analogy animal-Earth.</p>	
<p>Ms A 56V T3-4 57R T1</p>	<p>Del sangue che sta nella sommita del capo</p> <p>E parrebbe cosi secondo una semplice che chi rompesi la sommita del capo dell omo che di detta rompitura non dovessi uscire se non quel sangue che si trova in fra i sua labri impero che ogni cosa ponderosa desidera lochi bassi il sangue a peso e pare impossibile che quello per se debba montare in alto come cosa aerea e leggieri. E se tu volessi dire che lo accrescimento che fa il polmone in nel laco del sangue quando esso polmone in nel raccorre del fiato s empie daria e sconfiando caccia il sangue del laco il quale fuggendo per le vene quelle fa crescere e confiare che esso confiamento facessi fuggire esso sangue dalla sopra detta rottura della sommita del capo questa openione presto si ripruova impero che le vene sono vene capace e atte a dare comodo ricetta allo accrescimento del sangue senza ch egli abbi a soprabbondare per la rottura del capo come carestioso di ricetta. (56V T3)</p> <p>Perche esso sangue fugge per la sommita del capo Le parte spirituali hanno forza di muovere e accompagnare col loro corso le materiali.</p> <p>Noi vediamo al foco mandare per le vaporanti fumosità mediante lo spirituale calore materia terrestre e ponderosa su per lo camino come si vede in nella caligine la quale se brucerai vederai tornare in cenere. Così il calore misto in fra il sangue trovando da vaporare per la rottura del capo esso calore desideroso tornare al suo elemento porta in sua compagnia il sangue con che esso calore e infuso e misto. La ragione che il fumo monta in alto con tanta furia e porta terrestre con seco si e che il foco che sappicca in nel legno si nutrica e pasce d una sottile umidità e quella umidità più grossa che pel foco non po essere consumata per lo calore del foco che dentro vi si truova il foco (56V T4)</p> <p>.....vole tornare al suo elemento e porta con seco i riscaldati omori. Come si vede se destillerai a limbicco lo argento vivo vederai quando esso argento di tanta ponderosità fia misto col calore del foco quello si leva e in fumo ricadendo nel suo secondo ricettaculo nella sua prima natura. (57R T1)</p>	

3	"Che causa spignie le acque dalle basse profondita de mari . . " What pushes water from the depth of the sea to the top of the mountains ?.	
CL 17V 27-28	Che causa spignie le acque dalle basse profondita de mari alle altissime sommita de monti	

3	<p>"E come l omore sparso per la (potata) vite si leva in alto e versa per li tagliati membri."</p> <p>More on water ascending trough the Earth</p> <p>Marinoni: "In un secondo tempo furono aggiunte a penna le note su un problema ripetutamente toccato da Leonardo: quale forza costringe l'acqua, discesa dai monti, a risalirvi passando pei meati della terra. Si tratta di un periodo piu volte ripetuto con variazioni formali. L'inizio ('similmente') fa intendere che il discorso sia cominciato su un altro foglio"</p>	
CA 846V 1493-5 (309aV)	<p>Lungo il margine</p> <p>Similmente i moti dell acque scorentj per tutti i meatj dell (vivacissima tera) arida terra sono viuificacion di quella - - -</p> <p>E come l omore sparso per la (potata) vite si leva in alto e versa per li tagliati membri simil fa l acqua che versa per le some alteze de monti per li tagliate vene simil fa l acqua che n alto si leua e versa per le ronpiture de le sonme alteze de montj.</p> <p>Similmente l acque di basso in alto si leuano versando per le rotture delle sonme alteze degli altissimj montj.</p> <p>.....</p> <p>E come l acqua della tagliata vite sopra le sue radici chadendo e n quelle penetrando in alto si rileua alla medesima tagliatura reversa cosi l acqua delle somjta de monti caten(do) e per lj meati della tera penetrando in su ritorna.</p>	

3	"L acqua vitale omore della tereste machina . .	
Ms H 95R T1	lacqa vitale omore della tereste machina mediante il suo naturale calore si move. (T1)	

3	<p>"L acqua cge surge nei montj e il sangue . . "</p> <p>The old notions of analogy between different living systems and the Earth are reflected here and in many other places in Leonardo's notebooks. (See Kemp 1982, in Scientia's special volume, for an analysis of this analogy.) I have introduced the term "analogy" because there is no doubt that he really used the notion.</p> <p># I believe that Leonardo did not want to say 'sgonfiamento' but 'gonfiamento'.</p>	
Ms H 77R	<p>Lacqua che surgie nei montj e il sangue che tiene viva essa montagnja e forata in esa o per traversoessa vena la natura aivtatrice de sua vivi sendo abundante nell avmento di volere vincere il mancamento del uersato omore qujvi con curioso soccorso abunda a simjlitudine de loco percoso nell omo e si uede per lo soccorso fato multiplicare il sangue sotto alla pelle i modo di sgonfiamento[#] per soperire al loco infecto simjlmente la ujte sendo tagliata nell alta stremjta manda la natura dall infime radicj all alteza soma del loco tagliato il suo omore e cquello essendo versato ... ess non l abandona di ujtale omore insino al fine della sua vita T1.</p>	

3	<p>". . all alte cime de montje ssospinta dove trovando le uene tagliate giv ruina e per la via piu breve al basso mare ritorna e . . "</p> <p>Water flowing out of the ruptured vein seeks the lowest place. We find here again, notes on the analogy between micro- and macrocosms; compare with Ms H 77R T1. (See also Kemp 1982, Macagno 1988a.). There is a notion of cycle, although the wrong one.</p>	
Ms H 101V T1	<p>lacqa che da linfima profonditadel mare entrando nelle forze del suo motore all alte cime de montje ssospinta dove trovando le uene tagliate giv ruina e per la via piu breve al basso mare ritorna e di novo per le ramjficante vene sileua e po ricade e cosi tra su e giv voltando qua di dentro o di forj co naturale o accidentale moto girando a ssimjlitudine della uitedella quale lacqa che versa per litagliati ramj. E che richade sulle sua di nouo per li meati sormontae a ssimjli dissciensi ritornna.</p>	

3	<p>"Quando lacqua esce della rotta vena della terra . . "</p> <p>Water flowing out of the ruptured vein seeks the lowest place.</p>	
CL 21V 8-10	<p>Quando lacqua esce della rotta vena della terra essa osserva la natura dell altre cose piu grave che laria onde sempre cerca i lochi bassi</p>	

3.2

3	<p>"Se tu dirai che lacqua monta alla maggiore altezza de monti come beuta o tirata a uso di spugna . . ."</p> <p>Critical remarks on analogy between ascent of water in Earth and in a sponge, and on the effect of heating of the Sun.</p>	
CL 3V 1-8	<p>Se tu dirai che lacqua monta alla maggiore altezza de monti come beuta o tirata a uso di spugna de lochi bassi alli alti qui si risponde colla quinta del 6^o la qual prova che lacqua che per se monta nella spugna o feltro o altro corpo poroso non si spiccherà ne discenderà mai dessa porosita se non piu bassa che la sua entrata in esso corpo. (1-4)</p> <p>E se tu dicessi che l caldo del sole la tirassi in alto delle caverne de monti insino alla sommita de monti si come essa la tira de laghi e mari scoperti in forma di vapore alla composizione de nuvoli qui si risponde che se l caldo fussi causa di tirare i principi de fiumi alle cime de monti che dov e maggiore caldo quivi sarebbe piu grosse e piu abundante vene d acque che ne paesi freddi. (4-8)</p>	

3	<p>"le concaujta delle vene della terra pe lungho . . ."</p> <p>The veins of the Earth increase with flow. In T4, Leonardo wanted to describe the final occlusion of the lumen of the blood vessels due to the thickening of the walls. The counter-notion is presented in T3. [Keynesian Analogy, see Macagno 1986, Brescia.]</p>	
Ms F 1R T4-3	<p>le concaujta delle vene della terra pe lungho e continuo corso dell acqua si uengano allargando. (T4)</p> <p>Lo spatio houer concaujta delle vene de li anjmalj col lungo corso dell omore che lli nutricha sincallisscano e al fine si riserrano. (T3)</p>	

3	<p>"E se tu di che sia per cagione della essalazione del caldo della natura lo quale vapora . . ."</p> <p>Discussion of analogy of a cavern heated by the Sun and a still.</p>	
CL 3V 8-22	<p>paesi freddi</p> <p>il che si vede il contrario con cio sia che le parti settantrionali essendo freddissime piu sono abbondanti dacque e di fiumi che le falde regione di meridio e ancora seguirebbe che li nostri fiumi verserebbono piu acqua la state chel verno perche il sole piu scalda li monti che non fa il verno</p> <p>E ancora li monti sono piu vicini alla fredda regione dell aria che non sono le valli nelle parte settantrionali sono li sua monti quasi al continuo vestiti di neve e di diaccio e pure anno grande origine di fiumi.(8-13)</p> <p>E se tu di che sia per cagione della essalazione del caldo della natura lo quale vapora le ncluse umidita delle basse acque coperte dalle caverne de monti e tal vaporazione fa nella volta della caverna come fan le distillazioni vaporate nel celo del limbicco qui rispodereno che sempre tali volte sono asciutte come si vede nelle cave sotterrane delle miniere de metalli e se tu dicessi che le caverne che anno sotto li laghi fussino daltra natura che quelle delle miniere allora si dira che tale acqua bisogna che abbia quella condizione che a il detto limbicco cioe con quello canale nel quale scolano tutte le goccioline composte nel celo dello limbicco dalla umida vaporazione dell acqua destilata che in quella percote.</p> <p>See 3V (1.2, 1.4, 2)</p>	

3.3

3	<p>" Dico che quella acqua piu penetra un medesimo terreno, dov elli e . . ". "Dove fia ghiara grossa l'acqua per tutto fia beuta e . . ."</p> <p>Water penetration of Earth. Discussion of contribution of rain water to water that circulates through the Earth veins. The passage begins with "Dicano alkuni che l acque piovane . . " which is indicative of Leonardo's doubts on this subject of ground water.</p>
<p>CL 3R 12-26 27-37</p>	<p>Dicano alcuni che lacque piovane son causa dell accrescimento delle vene che versan lacque ne fiumi si po negare coll essempro de fossi delle cita che spesso essendo votati dacqua e po di terreno ho veduto asciuto e secco sotto il fango. Ma potrebbesi ben dire in tali fossi la densita della creta obbiare e proibire la penetrazione dell acqua sotto di se come si vede nelle citerne fate nell acque salse le quali sono attorniate fori della lor muraglia e rena di questa terra di che si lavora li vasi finissima e mai la potenza dell acqua salsa nolla puo penetrare e cosi lacqua sempre si conserva dolce nelle citerne. Ma nelli monti dove le falde delle pietre son poste obblique o per diritto essendo vestite esse falde di poca terra lacque piovane subito penetrano essa terra e discorran infra le fessure delle plietre e incorporasi e empie di se le vene e lochi cavernosi ancora le nevi che si risolvano delle Alpe con tarda risoluzione retenute dalla interposizioni delle radici e foglie delle minute erbe de prati penetra con piu facilita infra le fessure de sassi ch ella non corre per le dette radice d erbe onde oltre a quella neve resoluta che la state ingrossa li fiumi gran parte e quella che penetra pe le dette fessure de sassi che compongano li monti. (12-25)</p> <p><i>Qui seguira e (25-26) (See general considerations 3R)</i></p> <p>Dico che quella acqua piu penetra un medesimo terreno, dov elli e piu piano e men penetra dove esso e manco obbliquo Ancora in pari planizia quel terren sara piu penetrato dove esso e manco denso e manco grasso e cosi de converso.</p> <p>E dove le pietre si mostrera per taglio o poche obblique inverso il celo quivi fia gran penetrazione d'acqua e massime quando tal pietre son tramezzate da lastre alberesi e poco fian penetrate quelle falde che saran tramezzate da grassa creta e se le pietre che si mostrano al cielo colle lor fronti sara lastre di minuta grossezza queste fien bevitrice d assai acqua piovana la qual tutta si scarichera al primo piegamento di falde. Dove le lastre fieno piu grosse ancor che stieno per ritto quivi penetra meno le acque e dove piu sottili piu come dissi fien penetrate dall acque.</p> <p>Dove li terreni saran sabbionosi, quivi fia abondanza d'acqua Dove fia ghiara grossa l'acqua per tutto fia beuta e si fuggira con prestezza del suo fondo.</p> <p>Sonci l'acque dell Adice delle quali si dira le varietà secondo li terreni rene e ghiare</p>

3	" L acqua torbida di poluere o ssoctile fangho nella penetration da llei facta . . . "	
	Turbid water may fill in the interstices of the ground.	
CA 472V c. 1508 (171c-dV)	*L acqua torbida di poluere o ssoctile fangho nella penetration da llei facta infra lla terra oppila li meati della terra li quali poi proibisschano la penetration dell acque inn essa terra.	

3.4

3	There are great unerground rivers. The rest of this passage is about rain and erosion (see 15).	
CA 433R c. 1515 (160aV)	Colonna destra g(randiss)imj fiumj corran sotto terra.	

3	<p>"Come la terra a vene superficiali tra le 2 terre le quali in molti lochi ancor ch elle sieno in scogli o "</p> <p>Under the title "Casi 27", a list of topics concerning the veins of the Earth.</p> <p># In several places Leonardo indicas the number of "casi" he has listed. I counted the initial capital letters C in the text to check the 27! !</p>	
CL 11V 1-6	<p>Casi 27[#]</p> <p>Come la terra a vene superficiali tra le 2 terre le quali in molti lochi ancor ch elle sieno in scogli o isole o liti marini vengano al manco e al niente la state. (1-3)</p> <p>Come in molti lochi son vene dacque remotissime dalli mari e crescano la state e diminuiscano il verno e questo accade perche sono vicine alle neve che la state si disolvano in acqua. (3-5).</p> <p>Come sono vene che mai crescano o diminuiscano di nessun tempo e queste le sono vene come nell omo le vene dell arteria. (5-6)</p>	

3	<p>"Come molte vene sono immediate venute al manco e questo accade per qualche ruina di"</p> <p>My understanding of so many items beginning with "Come . . ." is that most of them indicate a knowledge worth including in a book which would be the one on water, in this case. I suppose that Leonardo would have, in many cases, further developed each item based on further study or research, had he had time to do it. To refine the compilation, it would have been worth, perhaps, to separate these "Come"-passages in at least two categories; for that, I did not have time.</p>	
CL 11V 6-17	<p>Come son vene che per terremoti o altri accidenti subito nascano e subito mancano e questo accade nuna montagna in Savoia dove certi boschi profundorono e lasciorono uno balastro profondissimo e lontano circa 4 miglia di li sapperse il terreno in certa spiaggia di monte e gitto una subita inondazione grossissima dacqua la quale netto tutta una vallata di terren lavorativi vigne e case fece grandissimo danno ovunque discorse.(6-10)</p> <p>Come molte vene sono immediate venute al manco e questo accade per qualche ruina di spelonca inclusa nel corpo della terra la quale chiude e impedisce il transito alle predette vene. (10-12)</p> <p>Come molte vene son quelle che immediate son nate e son permanenti e questo e accaduto quando alcuno fiume a tanto pel suo lungo corso consumato del monte che egli a rotte alcune vene dacqua che di li passavano e ancora po accadere come di sopra dissi della spelonca ruinata che chiuse una vena la quale acqua puo tanto essere alzata in detta spelonca ch ell e perveunta alla altezza di qualche fessura di sasso onde poi a preso la sua esalazione ed a fatto nuovo fiume. (12-17)</p>	

3	"Come tutte le vene vive sono congiunte col fondo del mare." All the veins of the Earth communicate with the sea.	
CL 11V 29-30	Come tutte le vene vive ramificate e ntessute col corpo della terra sono congiunte col fondo del mare. (See CL 11R 17-20 (3))	

3	" . . . lochi donde le vene delle acque si partan de fondi de mari per dare le continue acque alli fiumi che delli alti monti poi discendano." Where is the source of this notion about a connection between ebb and flow in the sea and flow of water into the veins of the Earth ? ?	
CL 31V 3-4	Variasi forte il frusso e refrusso del mare vicino a quei lochi donde le vene delle acque si partan de fondi de mari per dare le continue acque alli fiumi che delli alti monti poi discendano	

3	"Queste vene sono di due nature delle quali luna e. .". Two kinds of veins: those feeding rivers and those discharging fresh water under the sea.	
CL 31V 5-12	Queste vene sono di due nature delle quali luna e di quelle che sono al continuo versamento ne fiumi e altre sono che riversano in mare e surgon dolci sopra le altre acque salse la qual cosa nascie per esser loro nate da pelaghi scoperti all aria i quali son piu alti che lacque marine altrimenti tal surgimento non arebbe loco. Benche si potrebbe dire che si come le vene delli monti versano alli lor piedi che tali vene potrebbero ancora versare sotto il mare. Vedesi una vena surgere in Cicilia la quale a certi tempi dell anno versa foglie di castagno in moltitudine e in Cicilia non nascie castagne e adunque necessario che tal vena esca dalcun pelago dell Italia e vada poi sotto il mare e sbocchi poi in Cicilia	

3	<p>"... l mare Caspio che con 500 miglia li sta per levante colli fiumi che in lui versano sempre versa per cave sotterrane in esso mar di Ponto. . .".</p> <p>Underground flow from one sea to another sea.</p>	
<p>CL 31V 12-16</p> <p>CR 2</p>	<p>I nello stretto di Tracia (Bosphorus) il mare di Ponto (Black Sea) sempre versa nel mare Egeo e mai l Egeo in lui e questo diriva che l mare Caspio che con 500 miglia li sta per levante colli fiumi che in lui versano sempre versa per cave sotterrane in esso mar di Ponto e l simile fa il Tanai (Don) col Danubio in modo che sempre esse acque Pontiche son piu alte che quelle dello Egeo e per cio le piu alte sempre discendano nelle basse e non mai le basse nelle alte</p>	

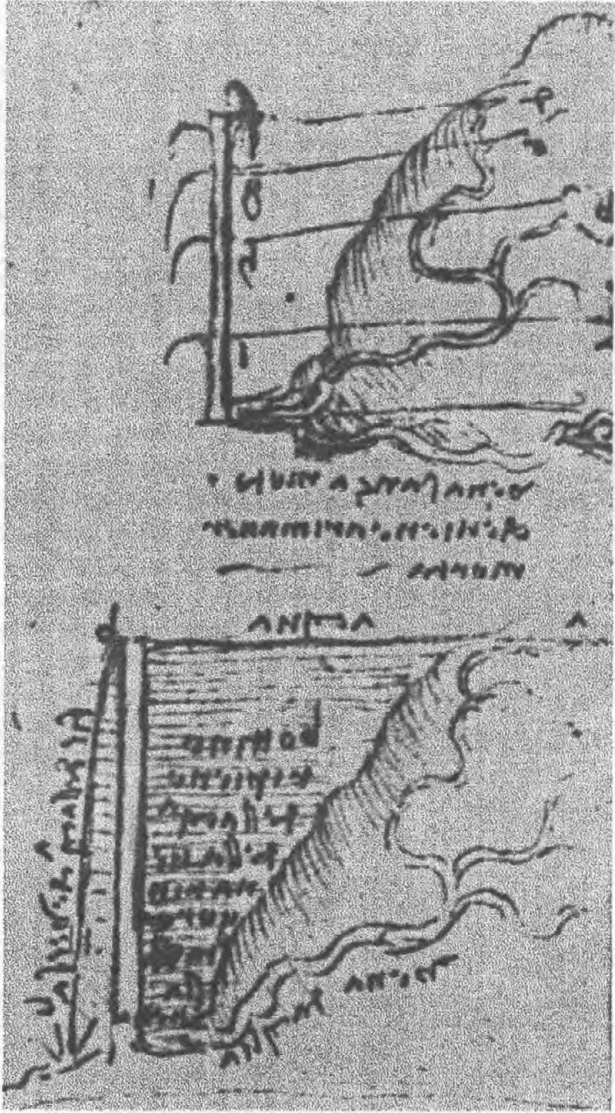
3	<p>"Come molte vene dacqua salata si trova fortemente distante da mare e questo potrebbe accadere perche . . .".</p> <p>In some veins of the Earth the water is salty.</p>	
<p>CL 11V 17-20</p>	<p>Come molte vene dacqua salata si trova fortemente distante da mare e questo potrebbe accadere perche tal vena passassi per quache miniera di sale come quella d Ungheria che si cava il sale per le grandissime cave come qua si cava le pietre (17-19)</p> <p>Come inelli scogli circondati dalli acque salse e infra esse acque salse medesimamente surgano in molti lochi lacque dolci (19-20)</p> <p>(See Cl 11V (2))</p>	

3.5

3	<p>"Le ruine de monti sopra i lochi chavernosi serran l aria delle lor chauerne la qual per fugire ronpe la terra e. . .".</p> <p>The air escaping from collapse of caverns causes earthquakes.</p> <p>Marinoni: "In basso si propogono le cause del terremoto."</p>	
CA 784aV c.1506-8 (289bV)	<p>In basso</p> <p>Le ruine de monti sopra i lochi chavernosi serran l aria delle lor chauerne la qual per fugire ronpe la terra e gienera li tremotj Dice l auersario questo non potere essere perche ho e chade tutto il monte che chopre la chaverna o e chade sol la parte di dentro e se chade tutto allora l aria premuta fugie per l apritura della scoperta speloncia e sse chade sol la parte di dentro allora l aria premuta refugie nel uachuo ch di se lascia la terra che chade.</p>	

3	<p>"Come il romore fatto dal terremoto . . . nascie dalle ruine de lochi . . .".</p> <p>Air flow due to cavern-collapse is the explanation of earthquake noise.</p>	
CL 27V 2-4	<p>Come il romore fatto dal terremoto nel corpo della terra nascie dalle ruine de lochi dal vento aperti per forza i quali al continuo percotan sopra de fondi della lor grandi spelonche o laghi coperti e nclusi nella terra.</p> <p>(See CL 28R 16-25)</p>	

3.6

<p>3</p> <p>CL 7V 4-20</p> <p>D1-2</p>	<p>"vena senza moto che viene a rimaner morta ". . .</p> <p>"Mai lacqua versata dell argine della vena ringorgata fia della abbondanza ch ell era avanti che fussi ringorgata e . . . "</p> <p>Natural and controlled flow from the veins of the Earth.</p>
<p>[In margine D1]</p> <p>vena senza moto che viene a rimaner morta</p> <p>Sempre non e simile lacqua che versa sopra la ringorgazionme della sua vena ma spesse volte molto minore e questo accade per la origine della ramificazione delle vene sue le quali sono in diverse altezze situate e mai nessun acqua e se la ringorgazione dell acqua uscita della sua vena sinalza vicina alla altezza della piu alta origine dun de detti rami essa ringorgazione non versera se non tanta quant emette tale minimo ramo</p> <p>[In margine D2]</p> <p>a acqua</p> <p>b fil dell acqua che versa bottino ripieno dell acqua della vena ringorgata dalla vena</p> <p>c vena dacqua</p> <p>Mai lacqua versata dell argine della vena ringorgata fia della abbondanza ch ell era avanti che fussi ringorgata e questo accade perche in tal surgimenta dacqua elevata alle somme altezze dell argine che la ringorga non si eleva nessuna parte di quelle vene che anno le loro origini piu basse che li labri dell argine detta.(12-15)</p> <p>La vena dell acqua che cade delle radice de monti quanto piu sapre allo in giu tanto spesse volte si rende piu abbondante. E questo accade per causa che le vene ch eran colle loro origini piu basse che l loco donde versava la vena non potea versare per essa vena ma si diaceva senza corso alcuna la quale poi che sara abbassata luscita della vena quella che prima era immobile pigliera subito moto e ingrossera luscita e faralla piu abbondante. (12-20)</p>	

3	" Le chaverne nasscano per il corso dell acque sutterrane e . . ."Caverns are formed by flowing water.	
CA 472V c. 1508 (171c-dV)	*Le chaverne nasscano per il corso dell acque sutterrane e ll acque che lle rienpie(n) manchano l mare - - *Adunque e nmeno acqua sopra terra che non solea.	

3	" S ell e piu lentrata dell acqua nella caverna che la sua uscita . . .". Flow in caverns, in the cases of more or less influx than efflux.	
CL 3R 1-12	<p>Se tu vorrai dire che lacqua che si versi delle vene sia dacque ragunate per le caverne de monti a questo ti si rispondera che lacqua che si genera per esse caverne o ell e piu lentrata che luscita o ell e piu luscita che la entrata o vero luscita sara equale alla entrata. S ell e piu lentrata dell acqua nella caverna che la sua uscita la caverna sempiera integralmente e ne cacciera tuta laria e se lacqua occupa tutta la boca dell uscita e non potra discendere piu acqua perche laria non potra restaurare il vacuo che darebbe lacqua nel lasciare di se la caverna in parte vota onde per necessita essa caverna stante sempre piena dacqua tanto ne riempierebbe la vena che porge lacqua alla caverna quanto voterebbe la bocca che versa lacqua fori della caverna onde tal moto sempre sarebbe continuo ed equale la qual cosa mai si vede perche a tutte le vene che versono lacque fori de monti diminuisce e manca lacqua assai la state e l verno si fanno abbodanti.(1-10)</p> <p>E s ell e piu luscita che la entrata allora lacqua manchera nella uscita in tanto che si fara equale all entrata, E facendosi la entrata equale alla uscita alora il moto fia dogni tempo equale.(10-12)</p>	

3	"Se tu dirai che lacqua monta alla maggiore altezza de monti come beuta o tirata a uso di spugna de lochi bassi alli alti qui si risponde . . ."
CL 3V 1-20 D1	Discussion of several possible mechanisms believed to raise water from the sea to the top of the mountains. See Experiments in 1.4.

Se tu dirai che lacqua monta alla maggiore altezza de monti come beuta o tirata a uso di spugna de lochi bassi alli alti qui si risponde colla quinta del 6^o la qual prova che lacqua che per se monta nella spugna o feltro o altro corpo poroso non si spiccherà ne discenderà mai dessa porosita se non più bassa che la sua entrata in esso corpo. (1-4)

E se tu dicessi che l caldo del sole la tirassi in alto delle caverne de monti insino alla sommità de monti si come essa la tira de laghi e mari scoperti in forma di vapore alla composizione de nuvoli qui si risponde che se l caldo fussi causa di tirare i principi de fiumi alle cime de monti che dov e maggiore caldo quivi sarebbe più grosse e più abbondante vene d acque che ne paesi freddi il che si vede il contrario con cio sia che le parti settantrionali essendo freddissime più sono abbondanti d'acque e di fiumi che le falde regione di meridio e ancora seguirebbe che li nostri fiumi verserebbono più acqua la state chel verno perche il sole più scalda li monti che non fa il verno.

E ancora li monti sono più vicini alla fredda regione dell aria che non sono le valli nelle parte settantrionali sono li suoi monti quasi al continuo vestiti di neve e di diaccio e pure anno grande origine di fiumi. (5-13)

E se tu di che sia per cagione della essalazione del caldo della natura lo quale vapora le ncluse umidita delle basse acque coperte dalle caverne de monti e tal vaporazione fa nella volta della caverna come fan le distillazioni vaporate nel celo del limbicco qui rispodereno che sempre tali volte sono asciutte come si vede nelle cave sotterrane delle miniere de metalli e se tu dicessi che le caverne che anno sotto li laghi fussino d'altra natura che quelle delle miniere allora si dira che tale acqua bisogna che abbia quella condizione che a il detto limbicco cioe con quello canale nel quale scolano tutte le goccioline composte nel celo dello limbicco dalla umida vaporazione dell acqua destilata che in quella percote. (13-20)



Ancora livello del mare esalato dalli fochi che stan nel centro o ver corpo della terra. (D1)

3	<p>"Ecco che bisogna confessare ch ella non sia tirata dal caldo del sole perche. . ."</p> <p>Discussion - aided by experiment - of effect of heat on caverns. The interpretation of this passage may be confused by two similar experimental situations. In one air never leaves the inverted bottle, while in the other it bubbles out. (See Macagno, IIHR Mon. 101).</p>
<p>CL 3V 42-47 D3-4</p>	<p>Carbon di fuocho n r S a</p> <p>Fuoco p m b</p> <p>Se sopra il vaso <i>n</i> sara posto il carbon del foco lacqua ch era alla bassezza <i>r s</i> montera all altezza <i>n</i> e questo non accade perche il caldo tiri su lacqua ma perche si consuma laria per lo introito del foco il quale non e soffiziente pieno e lacqua per se si leva alla restaurazion del vacuo. Ma se tu voli essere chiaro che lacqua non e tirata dal foco fa un buco al vaso <i>m</i> nel punto <i>p</i> e vedrai lacqua non salzera del suo sito. (CL 3V 25-29)</p> <p>Adunque abiano di sotto concluso [30-41] non laria che vien di fori non lo caldo che sopra scalda il monte pella comparazion del buco fatto nel vaso <i>m</i> che piu presto tirerebbe laria per esso buso per essere lieve che lacqua delle vene per essere piu griue. Ecco che bisogna confessare ch ella non sia tirata dal caldo del sole perche gitterebbe piu di state che di verno ecco non e laria che si converta in acqua perche essendo la bocca della vena ch esce del monte tutta piena dacqua quivi non si potre dare entrata all aria onde lacqua mancherebbe e se dopo tal mancamento si dessi lo ntroito all aria tale acqua non sare continua (42-47)</p> <div data-bbox="349 1088 1252 1532"> <p>The diagrams illustrate the experimental setup described in the text. The left diagram shows a flask with a stopper and a small dish of water on top, with flames rising from the stopper. The middle diagram shows a flask with a stopper and a small dish of water on top, with a small hole in the stopper. The right diagram shows a flask with a stopper and a small dish of water on top, with a small hole in the stopper and a small dish of water on top.</p> </div>

3	<p>"Lacqua superata dal caldo nel ventre della terra si vapore e . . ."</p> <p>" . . .a similitudine della polvere infocata nella bombarda e rompe a terra nella piu debol parte la quale escie a scosse perche . . ."</p> <p>The internal heat of the Earth vaporizes water and produces forces large enough to rupture the Earth in different places.</p>	
CL 11R 30-40	<p>Lacqua superata dal caldo nel ventre della terra si vapore e cresce sua quantita a similitudine della polvere infocata nella bombarda e rompe a terra nella piu debol parte la quale escie a scosse perche e riserrata dal peso della terra che s aperse per dare al primo impeto esito e quando manca la potenza di tale esito la potenza del peso vince e si richiude onde il successo della multiplicazion del vapore di novo si rimoltiplica e immediate di novo riapre la terra e questi tali aprimenti e serramenti alcuna volta son subiti vicini e congiunti insieme e alcuna volta son rari secondo la multiplicaxion della vaporazion piu veloce o tarda. Come il foco ch e appiccato alla miniera del zolfo e quello che se la va mangiando in diversi siti del mondo la qual vena e ramificata e congiunta insieme come son le vene delle acque e dei metalli e rispondano in diversi lochi nella superficie della terra e de fondi de mari e lacque che tal vene di zolfo infocato attraversano o savvicinano si vengano a scaldare e per conseguenza a vaporare e crescere</p>	

3	<p>"Il caldo del foco appresso dentro al corpo della terra riscalda l'acque che dentro a quella si rinchiude . . .".</p> <p>Thermal conception of the origin of rivers in the caverns of Earth. Analogy with distillation of "aquavita".</p> <p>See CL 3V 1-22 (1, 3) for the limbicco analogy)</p> <p>(See CL 27V 2-5 (3) for romore del terremoto)</p> <p>#(New conception of the origin of rivers) (See Ch. 4)</p>
CL 28R 6-16	<p>Il caldo del foco appresso dentro al corpo della terra riscalda l'acque che dentro a quella si rinchiude nelle grande spilonche e altre concavita e questo caldo fa riscaldare e vaporare le predette acque e elevarsi in alto alle coperture delle dette concavita e penetrare per le fessure delli monti insino alle lor somme altezze dove trovando il freddo subito si ritorna in acqua come far si vede nel limbicco e va ricadendo e componendo li principi de fiumi che poi di lassu discendere si veggano. (6-11)</p> <p># Ma quando le gran freddure ricacciano il caldo in verso il centro del mondo allora esso caldo si fa piu potente e leva maggior vaporazione delle antidette acque le qual vaporazionei riscaldando le caverne ove saggirano non possan comporre le acque come far soleano come si vede nel far dell'acqua vite che se il transito della vaporazione del vino non passassi per l'acqua fresca la detta vaporazione mai si farebbe in acqua vite ma ritornerebbe in dirieto e in fine tanto si condenserebbe che romperebbe ogni ostaculo. (11-16)</p> <p>Cosi diren dell'acqua ricaldata nelle viscere della terra la qual per non trovare nel suo transito lochi di questa freschezza che a lei si conviene non si compone in acqua come prima facea ma si condensa e si indurisce a similitudine del foco multiplicato e condensato dentro alla bombarda che si fa piu duro e piu potente che essa materia che lo riceve onde se non a subito esalaxione immediate se la procaccia rompendo e ruinando cio che soppone al suo accrescimento cosi fa a predetta vaporazion dell'acqua e rompe dentro alle viscere della terra in diversi lochi raggirando e romoreggiando con gran tumulti al fine perviene alle superficie della terra la quale con gran terremoto scote le regioni e spesso ruina li monti e profonda le cita e paesi in idiversi lochi e con gran vento escie per le gia fatte rotture della terra e cosi con tale esalazione consuma la potenza di se stessa. (16-25)</p>

3.8

3	<p>Opinion of the adversary ? ? "Come nelle gran profondita di mare nascono le vene dell'acque del mondo. "</p> <p>More on how the water of the sea climbs to the top of the mountains. Where is the man who designed Ch. 1.1 around water in the planet forming one of the layers of a stratified world ? ? . Now he wants a lower layer of the sea to be lighter than the rest of the water on top of that layer. All that to make possible that through large veins from the bottom of the sea to the summit of the mountains fresh water be pumped up. I never found a passage that Leonardo would have given clear indications that it should be excluded from his book on water. The most charitable thing one can do is to include them as if they were "l'opinione dell'autore".</p>
CL 17V 36-39	<p>Come nelle gran profondita di mare nascono le vene dell'acque del mondo. Come lacque non son salate nelle gran profondita de mari perche le vene interposte infra l'profondo mare e le cime de li alti monti non rendan le loro acque piu comodamente al mare che alle piagge de predetti monti.</p>

3	<p>"Dicano alcuni che l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta che le cime de maggior monti. "</p> <p>"Altri dissono che lacque che versan sopra alte cime de monti sono discese dalli maggiori monti de l'universo li quali essendo coperti di neve si vengano a risolvere . . . "</p> <p>Critical analysis of opinions on subterranean flow from sea to mountain and from top of mountains to rivers.</p>
CL 31V 16-25 CR 2	<p>Dicano alcuni che l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta che le cime de maggior monti che si trovi la qual cosa abbian provato come la superficie del mare e piu bassa che qualunque parte si trovi di terra scoperta dalle acque o che alcuna parte di superficie di fiume che in esso mare versi. Altri dissono che lacque che versan sopra alte cime de monti sono discese dalli maggiori monti de l'universo li quali essendo coperti di neve si vengano a risolvere al tempo della state la quale opinione si riprova falsa impero che se cosi fussi che di state la resolution delle nevi entrata per cave sotterranee e per le vene della terra avessi a mandar lacque nelle cime de monti piu bassi desse bocche di vene noi aremmo di tal vene piu acqua di state che di verno e la sperienza ci mostra in contrario</p>

3	"... per le rotture delle vene mediante i fiumi si rende lacqua al mare"	
CL 11V 30-31	Come per le rotture delle vene mediante i fiumi si rende lacqua al mare	

3	"... vene partite de fondi de mari le quali ramificano dentro al corpo della terra ..." Sea water flows into Earth'd veins.	
CL 6V 8-11	Sono adunque sommerse le acque nelle vene partite de fondi de mari le quali ramificano dentro al corpo della terra e rispondano al nascimento (de fiumi i quali al continuo tolgano e rendono del fondo e il mare al mare an dato e (tolto) innumerabile volte nella superfizie il mare al mare)	

3	Periodicity of flow in veins.	
CL 11V 21-24	Come in molti lochi si trova vene dacqua che sei ore crescano e sei ore calano e io per me n o veduta una in su lago di Como detta fonte Pliniana la qual fa il predetto crescere e diminuire in modo che quando versa macina piu mulina e quando manca cali si ch egli e come guardare lacqua nun profondo pozzo	

3.9

3	<p>"Li corsi supterrani . . .son quelli che al continuo consumano e profundano . . ." . . ."</p> <p>Changes in underground streams</p> <p># I believe Leonardo meant "variation"</p>	
<p>Ms G 49V</p> <p>T1</p>	<p>della vibration # della terra.</p> <p>Li corsi supterrani delle acque si come quellj che so fatti in fra llaria e lla terra son quelli che al continuo consumano e profundano li letti delli lor chorsi.</p>	

3	Erosion and deposit changes the veins of the Earth.	
<p>CL 11R</p> <p>41-44</p>	<p>Come le vene nel corpo della terra spesso si torcano e mutan sito questo accade perche il terren ch elle conducian con seco lo scarican nelli lor letti piu bassi e quali riempiuti essa consuma nel loco dove poi s avvicina</p> <p>Come molte vene mancano questo accade perche la materia da lor portata riempie il loco donde passava e pero dimuiscano</p>	

3.10

3	Some topics of groundwater hydraulic engineering	
CA 201R	<p>Del trovare lacque nelle sue vene.</p> <p>Da condurre lacque sotto terra.</p> <p>Da trouar uene dacqua.</p>	

3	Rules about construction of "fossi" and "pozzi".	
CL 7V 21-23	Sia fatti e fossi per quel verso dove li pozzi voti rendan con piu prestezza lacque alla prima altezza onde si parte e mai si faccia essi fossi per fare li fontanili che prima non si facci piu pozzi per piu linie diverse. (21-23)	

LEONARDO DA VINCI

LIBRO DELL'ACQUA

4. DE FIUMJ

**L acqua delli fiumj non dal mare
ma dallj nuvole a origine**

CA 433R

4.1

4	"ricordatj quando comentj lacque . . . "This statement of Leonardo has been quoted many times by many different people; I wonder how many did it to promote their own agenda. I find difficult to be sure about what 'sperienza' meant in the mind of Leonardo. I would, hesitantly, interpret 'sperienza' as "experiments" because this is supported by, at least, hundreds of experiments and experimental situations one finds in the notebooks concerning flow of water and other elements. But I am full of doubts, because - as Augusto Marinoni wanted - I have read the originals and not anthologies, and not even transcriptions.
Ms H 90R T1	ricordatj quando comentj lacque d allegar prima la sperienza [#] e poj la ragione

4	Origin of rivers. Notes about rivers originated from sea water through the veins of the Earth will be included as information about discarded theories. Leonardo made many notes about ideas that he at some he superseded.
CA 433R c. 1515 (160aV)	Nel margine: L'acqua delli fiumj non dal mare ma dallj nuvole ha origine.

4	"e tutti li laghi che dan principio a grandi fiumi come Tesino dal lago Maggiore Adda dal lago di Como . . . "Rivers that originate in lakes. " . . e tutti li laghi che dan principio a grandi fiumi. . "
CL 34V 4-16	<i>Li centri della spericita dell acqua sono due l uno e della universale acqua laltro e particolare.</i> e tutti li laghi che dan principio a grandi fiumi come Tesino dal lago Maggiore Adda dal lago di Como Adiee Menzo dal lago di Garda e Reno dal lago di Gostanzia e di Curia e dal laco di Lucerne e come Trigon il quale passa per la Minore Africa il quale ne porta con seco lacqua di 3 paduli lun dopo laltro di varie altezze de quali il piu alto e Munace e l mezzano e Pallas e l piu basso e Triton. Ancora el Nilo diriva di 3 altissimi paduli in Etiopia il quale corre a trzmontana e versa nel mare d Egitto con corso di 4000 miglia e la sua brevisima e diritta linia e 3000 miglia di quel che s a notizia escie de monti della Luna con diversi e incogniti principi e trovasi li detti laghi alti sopra la spera dell acqua circa a 4000 braccia cioe un miglio e un 1/3 a dare un braccio di caduta al Nilo per ogni miglio. E l Rodano esce dal lago di Ginevra e corre prima a ponente e poi a mezzodi con corso de 400 miglia e versa le sue acque nel mare Mediterano (CL.34V 2-16 (1, 4))

4	"donde le vene delle acque si partan de fondi de mari per dare le continue acque alli fiumi . . ."From the depth of seas comes the water for the rivers !	
CL 31V 3-4	Variasi forte il frusso e refrusso del mare vicino a che lochi donde le vene delle acque si partan de fondi de mari per dare le continue acque alli fiumi che delle alti monti poi discendano	

4	"Dicano alcuni che l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta . . ." Somebody's opinion on origin of water in the top of mountains.	
CL 31V 31-27	Dicano alcuni che l'acque che surga nelle cime delli alti monti son dell'acque del mare la quale e piu alta che le cime de maggior monti che si trovi la qual cosa abbian provato come la superfizie del mare e piu bassa che qualunque parte si trovi di terra scoperta dalle acque	

4	"Il fiume maestro e . . ." Basic physical properties of great rivers.	
CL 15R 23-24	Il fiume maestro e la piu bassa parte della sua valle. E la foce del fiume e la piu bassa parte del paese onde passa.	

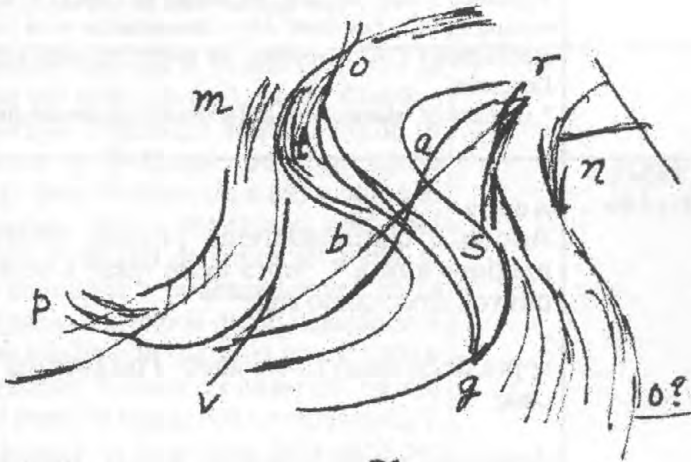
4	"Quellj montj verseran magore acque nelle lor radice . ."	
CAR 29R	Quellj montj verseran magore acque nelle lor radice li qualj an magor pianure nelle lor sommja E cquesto achade perche i llo ro penetra piu acqua piovana che ne montj acuti e ttaglianti de qualj le piogge subito sgonbrano e ancora vi si serra magor somma di uene d acque aumentate dall acque piouane.	

4	<p>"perche lacqa e in su monti dallo stretto di gibilterra al tanai . . " Wrong notions about water in mountains and rivers.</p> <p>The river Tanai is the Don (Ravaisson-Mollien 1889]. How could Leonardo not know, living in Italy, that there is water on the top of the mountains because of rain and snow ? Is he, in T3, reproducing the argument of somebody else ? We know that he made notes about writings and opinions he came across. In this case, did he do it with the purpose of arguing against?</p> <p>There is another passage like T3 in this manuscript (See Ms F 68R T5). In 69R, the sea is given as the Tanai; Ravaisson-Mollien believed it to be the Azov sea.</p>	
Ms F 50R T3	<p>perche lacqa e in su monti dallo stretto di gibilterra al tanai e miglia 3500 coe vn miglio e 1/6 dando vn br per miglio di calo a ognj acqa che ssi move o mediocrement e mar casspio e assai piu alto e nessun de monti deuropa si leua vn miglio sopra la pele delli nostri marj adunque si potrebbe dire che llacqua che nelle cime de nostri monti venjssi dalla alteza dessi mari o de fiumj che vi versano che son piu altj.</p> <p>(T3)</p>	

4	"e questo vedra come vid io chi andra sopra mon Boso . . " This folio mentions rivers incidentaly, but talks also of the clouds and the precipitation, apparently without linking yet this with the generation of rivers.	
CL 4R 1-10	<p>Del colore dell aria e questo vedra come vid io chi andra sopra mon Boso (Monte Rosa)</p> <p>a la sua basa che parturisce li 4 fiumi che rigan per 4 aspetti contrari tutta l Europa e nessuna montagna a le sue base in simile altezza. Questa si leva in tanta altura che quasi passa tutti i nuvoli e rare volte vi cade neve ma sol grandine di state quando li nuvoli sono nella maggiore altezza e questa grandine vi si conserva in modo che se non fussi la rareta del cadervi e del montarvi nuvoli che non accade 2 volte n una eta e vi sarebbe altissima quantita di diaccio inalzato da li gradi della grandine il quale di mezzo luglio vi trovai grossissimo. (5-10) (The text continues with a description the mountain air color)</p>	

4	"tanto sara vna volta lanno lacqa che monta quanto . . ." Water balance in the hydrosphere in one year.	
Ms H 29V T1	tanto sara vna volta lanno lacqa che monta quanto quella che disscjende ne fiumj e nell aria	

4.2

<p>4</p> <p>CA 70aR D1</p>	<p>"lj lochi donde pasan le mediocle inondationj . . ."Some physiographic aspects of a river</p>
<p>o - m - n a t - b S - p v g o</p> <p>In <i>a b</i> si passa li fiumj guadaloli fori delle innondationi le qualj enpiano poj dal <i>m n - o p</i>.</p> <p><i>r S - t v</i> sono lj lochi donde pasan le mediocle inondationj in molte torture di fiumj.</p> <p>De liti coperti in <i>t b</i> e lla ghiara grossa e non mjsta con rena o tterra e in <i>v p</i> e mjnuta e mjsta con terra <i>o g</i> e lla corrente</p> <p><i>a b</i> braccia 2</p>	<p>CA 70aR (I-8)</p>  <p>D1</p>

<p>4</p> <p>CA 393R (145R, bR)</p>	<p>Physiographic notes. Tigris , Eufates. *Marinoni: Piccola carta geografica dei monti d'Armenia inquadrati fra punti cardinali, venti (Aquilone, Africo, Libeccio), e fiumi. I monti provengono dalla "Tertia Asiae Tabula" della Cosmografia di Tolomeo (cfr. G. Calvi, Introd. CL, p. XXI)</p>
	<p>*Pariardes mon - Aqu(i)lone - Antitaurus - Antitaurus - Argeo mon - Celeno mon - Cepsis mon - Gordei mon - Occidente - Oriente - Tigris - Eufates - Africo - Libezzo. Celeno o Celini, Cepsis o Vada Cepsis.</p>

4	<p>"Adunque choncluderemo quelle montagnje essere di maggiore altura . . . sopra delle quali l origine del njlo dai nuvvoli fiocchando cade . . ."</p> <p>Marinoni believes that these notes on rivers are the result of consulting the <i>Cosmografia</i> of Ptolomeo (see the list of books in CM II 3 R). Calvi says thatt Leonardo used the Ulm edition (1482) but there are concordances with Roma (1490) and even with the translation by Berlinghieri (1475). Names of rivers are expelled somewhat differently in each book and by Leonardo.</p> <p>* in place of alteza sopra delle quali l origine de fiocchando l origine del njlo da i nvuoli chascha</p>
CA 263cR 1499-1500	<p>A destra</p> <p>Adunque choncluderemo quelle montagnje essere di maggiore altura * sopra delle quali l origine del njlo dai nuvvoli fiocchando cade</p> <p>sopra delle qualj fiocchando l origine del njlo dai nuvvolj cade</p> <p>Adunque choncludereno quelle montagnje essere di maggiore altura sopra delle qualj fiochando l origine del njlo da i nvuolj casscha.</p> <p>Piu in basso</p> <p>Mon Cancassus (Caucasus ?) Comedorum e Paropanjsi (Paropanisi ?) insieme congivnti che tra Batriana e India nasscano. Oxus che in essi monti nasscie e corre 500 mjglia a ttramontana e altrettante a ponente e versa le sue acque nel mare Ircano e</p> <p>Continua a sinistra delle operazioni aritmetiche</p> <p>Nell aspetto del medesimo monte nasscie il magnjo Gangie il quale fiume corre per mezzo di mjglia 500 e per issiroccho mille he Sarabus,</p> <p>A sinistra</p> <p>L acqua che chalera tre mjla mjglia calando vn mjglo per ora.</p>


4	<p>Notions about fosiles, rivers, seas, mountains, etc. Rami " orographic or hydrographic ??</p> <p>Rami " orographic or hydrographic ?? In general this passage does not seem worth including in the Libro. It does not reveal fundamental aspects of the science of water that should constitute the book. It contains some notions on fosiles, rivers, seas, mountains, etc. but all of them can be found somewhere else in more telling passages</p>	
CL 1V 6-27	<p>Il monte Enius (Haemus range) che riga la Trazia (Thrace) e la Dardania e si congiugnie per ponente coll monte Seardus Sardonus el quale seguendo a ponente muta il nome di Sardus in Rebi nel toccare la Dalmazia po seguendo a ponente riga li Illirici oggi detta Schiavonia e muta nome di Rebi in Albanus e seguendo pure a ponente si muta nel monte Odra a tramontana e mezzo di sopra all Istria si nomina Caruancas e si congiugne a ponente sopra l Italia col monte Adula dove nasce il Reno il quale saastende a levante con corso di 1500 miglia e la sua linia brevissima e circa mille miglia e altrettanto o circa e l ramo del monte Adula mutato ne predetti nomi di monti sta a tramontana il monte Carpatus il quale termina la larghezza della valle del Danubio la qual come dissi sastende a levante con lunghezza di circa mille miglia ed e larga dove 200 e dove 300 miglia questa si mette pel mezzo il Danubio primo fiume d Europa per magnitudine il qual Danubio si lascia per mezzo Austria e Albania e per tramontana Bavaria Polonia Ungheria Valaquia e Bosnia.</p> <p>Versava adunque il Danubio over Danoia nel mare di Ponto il quale si astendea insino vicino all Austria e occupava tutta la pianura che oggi discorre esso Danubio e l segno di cio ne mostrano loscriche e li nichii e bovoli e cappe e ossa di gran pesci che ancora in molti lochi si trovano nell alte coste de predetti monti ed era tale mare fatto per la ringorgazione delli rami del monte Adula che sastendeano a levante e si congiugeano colli rami del monte Tauro che sastendano al ponente e circa alla Bitinia versavan lacque desso mare di Ponto nel Propontico cadendo nel mare Egeo cioe mare Mediterano dove poi il lungo corso spicco li rami del monte Adula dalli rami del monte Tauro e l mare di Ponto sabbasso e scoperse la val di Danubio colle prenominate province e tutta l Asia minore da la dal Monte Tauro (Taurus) per tramontana e la pianura ch e dal monte Caucaso al mare di Ponto per ponente e la pianura del Tanai (Don) dentro alli monti Rifei (Ural) cioe a piedi loro. Ecco che l mare di Ponto abbasso circa a braccia 1000 nello scoprire di tanta pianura.</p>	

4	"I nello stretto di Tracia (Bosphorus) il mare di Ponto . . ." (Black Sea) sempre versa nel mare Egeo Rivers feeding the Black Sea and causing the current in the "stretto di Tracia".	
CL 31V 12-16	I nello stretto di Tracia (Bosphorus) il mare di Ponto (Black Sea) sempre versa nel mare Egeo e mai l'Egeo in lui e questo deriva che il mare Caspio che con 500 miglia li sta per levante colli fiumi che in lui versano sempre versa per cave sotterranee in esso mar di Ponto e l' simile fa il Tanai (Don) col Danubio in modo che sempre esse acque Pontiche son piu alte che quelle dello Egeo e per cio le piu alte sempre discendano nelle basse e non mai le basse nelle alte.	

4	"De incremento Nijl" opera d Aristotile.	
Ms K 52V T2 (K2 3V)	(Capovolto a matita) "De incremento Nili" Opera d Aristotile piccola.	

4	"Perche il njlo inonda la state e . . ."	
CL 22R 9	Perche il njlo inonda la state e vien di paesi focosi.	

4	<p>The Arno valley from Lucca to Livorno. Marinoni: Schizzo geografico della valle dell'Arno da Lucca a Pisa e Livorno. Toponimi in scrittura non speculare.</p>
<p>CA 305R (110aR)</p>	<p>Serchio. Santa Maria in Castello. Filetto. Lucca - Librafatta (Ripafretta) Verruca - San Iacopo. Val di Claci. Bagno. Vico - Foce. San Piero in Grado. Pisa. Settimo. San Giorgio. San Lorenzo alle Corti.</p> <p>San Piero a Castello. Bientina - San Savino. Cascina. Pontadera (Pontedera). Monte Castelli. Treggiaia. Monte Acchita (Montacchita)- Forcoli. San Cervag<i>o (San Gervasio). Colle Lungo. Ma . . .</p> <p>San Guido Arregolo. Colle Salvetti. Ponte di Sacco. (Ponsacco) - Ponte a Stagno. Torre - Livorno - Fanale - San Iacopo - San Lucxas - Gabblo (Gabbro). Fari - Monte Nero.</p>

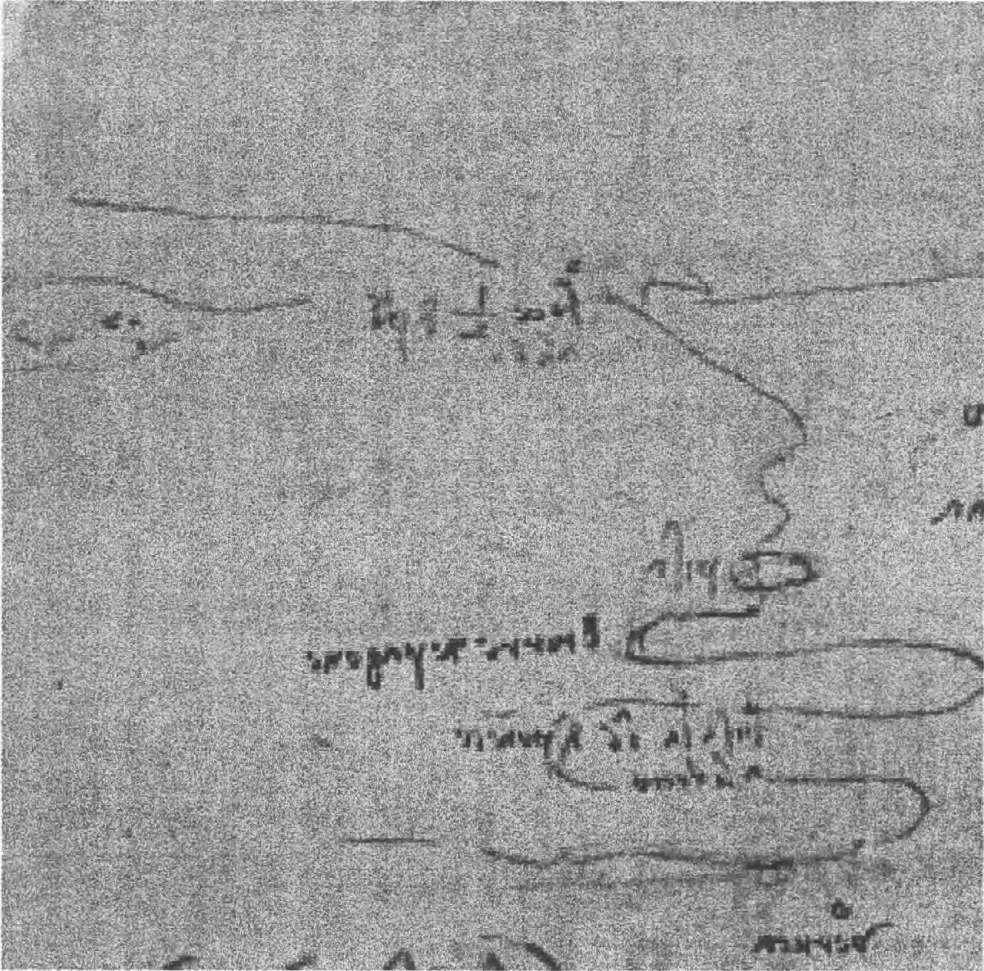
4	<p>Fluvial sketches. No text</p>
CAR 278R	


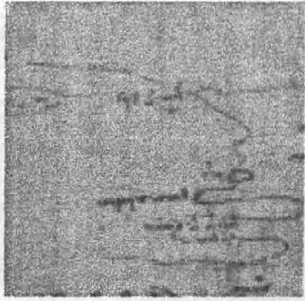
4 CA 740R (275aR)	Maps with several lakes. CA 740R.-Carta geografica con quattro laghi tra il Lambro e il Lecco. I toponimi sono registrati secondo la pronuncia dialettale "Segren" per Segrino, Cfr. i ff. 388R, 911R e Zammattio, <i>Acque e pietre; loro meccanica</i>)
CA 741R(275bR)	CA 741R.- A destra abbozzo di carta geografica col lago d'Annone e il fime Adda.
Dall'alto in basso, da destra a sinistra: Lanbro - Lanbro anbro Segren Serio rio Pusiano no Erba ba Il lago di Pusian versa i nel lagho di Serio e d Anon e di Sala Ogiona Anon Sala Li 3 cornj an 16 br piu alte le lor somjta cholla pelle dell acqua d A(dd)a e chi volessi fare ringorgare per metterlo sul piano di Cascan bisognja tagliare dirieto a Trezo con profondita. Migla 6 migla a Valmagrera (Valmadrera ?) Lago di Lecho Il laghi d Anon ha 22 br piu alto la pelle della sua acqua che lla pelle dell acqua del lagho di Lecho e 20 br e ppiu alto he il lago di Pusian che l lago d Anon br 20 le quali gunte colle br 22 dette fan br 42 e cquest e la magore lalteza che abbia la pelle del lago di Pusian sopra la pelle del lago di Lecho. CA 741R A destra schizzo geografico con: Lago d Anon Adda	

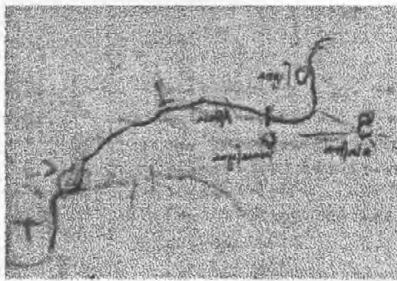
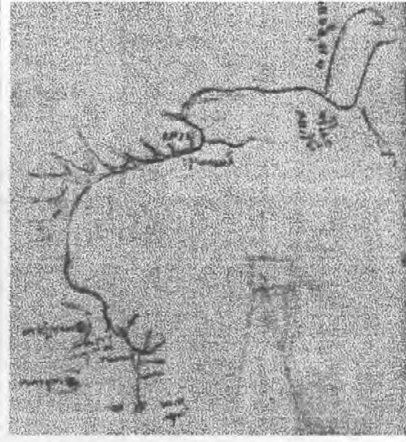
4 CA 910R c. 1502-3 (334R)	Map of a region of the Appenines. Marinoni: "Ampia carta geografice col sistema idrografico di una zona dell' Appenino toscoro- magnolo. . . . Siamo all'inizio della valle dell'Arno, che dovrebbe essere il fiume che volge a sinistra . . ."
Durboche (Dueboche ?) - Palagio - Porcano (Porciano?) - Pratovechio - Stia - Fornace - Romena - Collina Ponpana Paglarecco (Pagliareccio) - Bastinocco - Castel Castagnaio.	

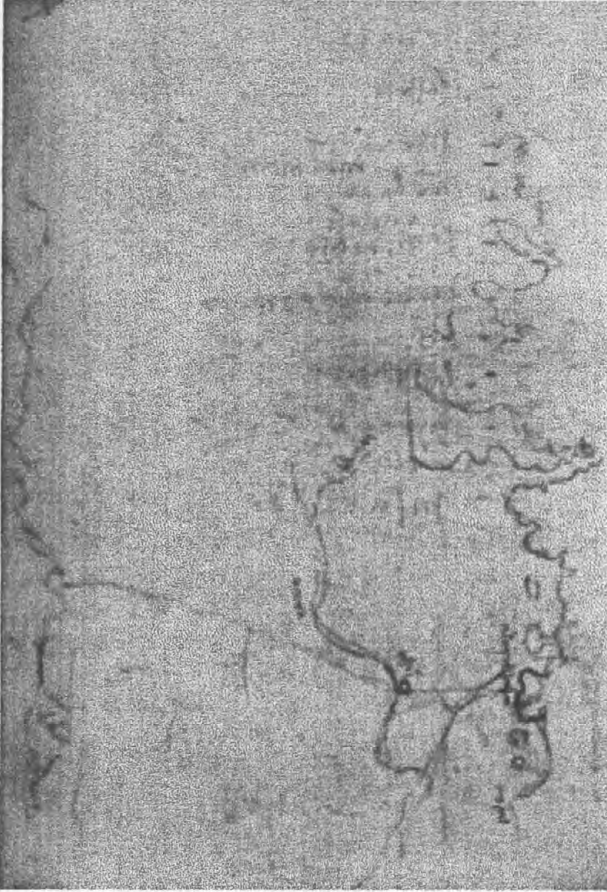
4 CA 918R (336R)	Map of val di Chiana. Marinoni: Grande carta geografica forse relativa al progetto per l'ampliamento del lago in val di Chiana qui rappresentato (Zammatio, 1974, p. 195). (see 12278 Windsor to see better 'lago'). ^ Marinoni: oggi chiamato Castiglione Fiorentino.
	Montanjna - Mammj - strada - Chastiglione Aretino^ - Cilone - strada - Vingone Renello - strada - Monterchio br 1380 Ruchano br 2024 strada br 2208 br 1472 Chiane - br 1704 f(iume) Renello - br. 1104 - strada la cossta alta br 16 - br 1288 - bracia 6 - chiusa - lago. Margine sinistro: a b c ab 100 - ac he br 1000

4 CA 919R (336aV)	Small area of val di Chiana. Marinoni: "E una carta geografica di una zona limitata a nord dalla Chiana d'Arezzo e il lago Piediluco, a sud della costa tirrenica, a est dai Castrelli romani fino a Subiaco a ovest dai paesi a occidente del lago di Bolzena. Marinoni gives a critical transcripcion only. It was not considered originalby P. Marinoni says "ma anche la lingua non sembra quella di Leonardo." (See pp. 214-216).

4	Meandering river in Tuscany.
CM II 1 V T2D1	<p>Meandering river (axis only)</p> <p>Livello d Arno fatto il di della madalena 1503</p> <p>Foce 1/2 di ponente a libeccio</p> <p>Pisa</p> <p>Torre de Pagone</p> <p>Pisa la 16^a di ponente a libeccio</p> <p>Veruca</p> 

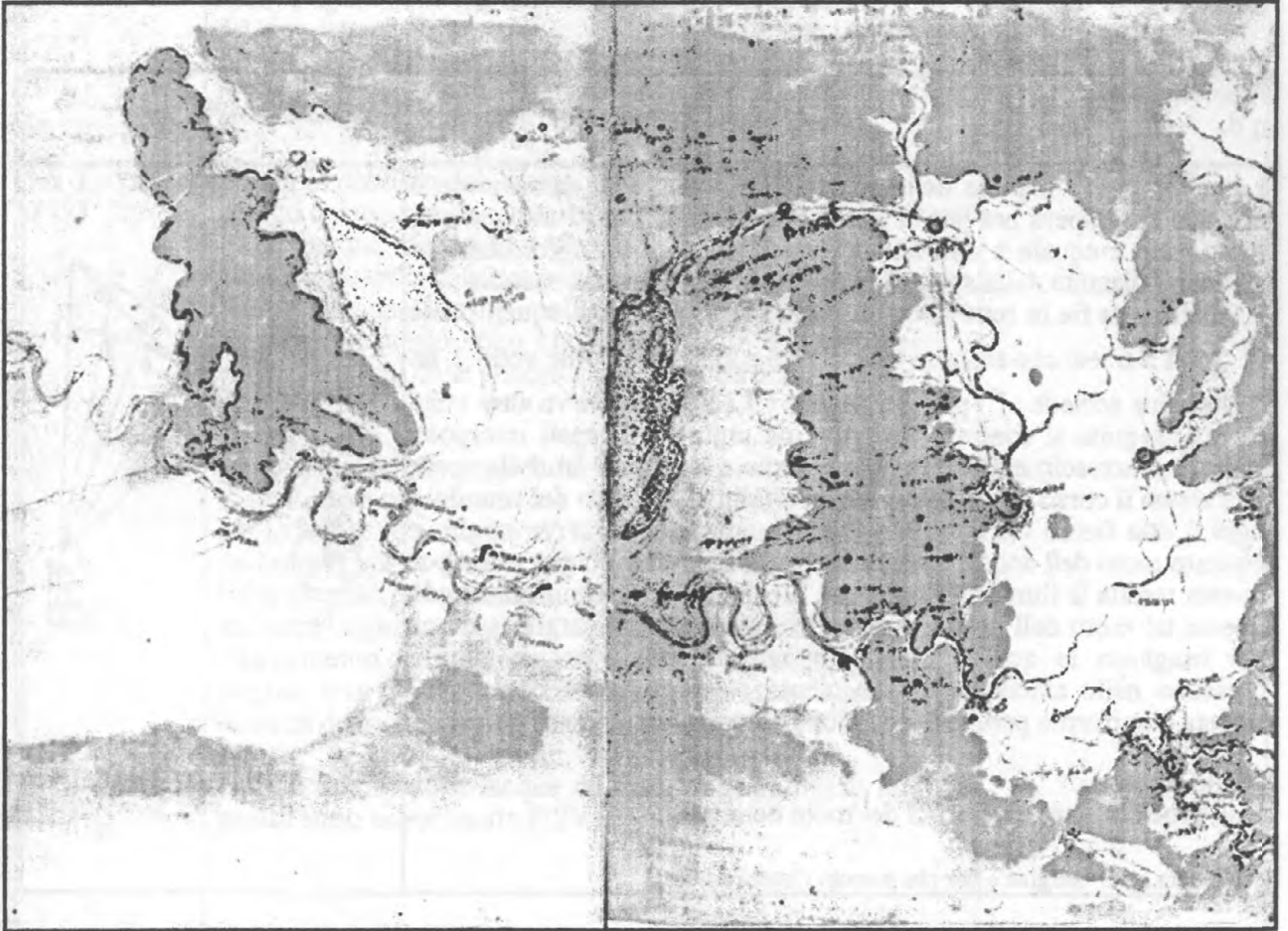
4	Meandering river with names of towns and distances ?		
CM II 1V T2D1	Enpoli Elsa Sa Miniato Montopoli	1VD1 	2RD1 
CM II 2R T1D1	Pontadera Montecchio Calcinacia Bientina Vico Casscina		

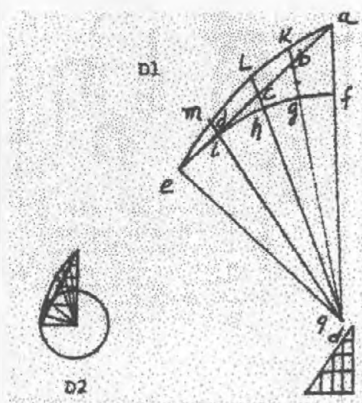
4	Towns and rivers in Tuscany.		
CMII 15R D1-2			
Two axes of rivers with names		D1	D2
D1			
Signa La lastra			
Pescaia			
Pont a signa			
D2			
Onbrone Golfolina			
Pini Brucianese			
Monisterio			
Pescaia			
Fornaci			
Capraia			
Montelupo			
			

<p>4</p> <p>CM II 16R</p> <p>T1 D1</p>	<p>Towns and river axes in Tuscany</p>
<p>List of towns. River axes with 5 names</p> <p>6 Firenze</p> <p>Lastra</p> <p>1</p> <p>3 Signa</p> <p>Malmantile</p> <p>3 Montelupo</p> <p>3 Enpoli</p> <p>5 Sa Miniato</p> <p>Torre a San Romano</p> <p>Pontadera</p> <p>4 Casscina</p> <p>7 Pisa</p> <p>D1</p> <p>Castel de Pulci</p> <p>Lastra</p> <p>Sesto</p> <p>Arno</p> <p>Grieve</p>	

4
CM II
22V-23R
D1

Map of the valley of the Arno river.



<p>4</p> <p>CA 781aV D1-2 c.1508-9 (287cV)</p>	<p>" e nessuna acqua si movera con moto retto e equale s ella non e curva con curujta vnjformemente disforme distante dalla spera dell acqua e del cietro del mondo. . . "</p> <p>Rivers in the context of the planet. As the water flows it becomes closer and closer to the center of the Earth.</p> <p>Marinoni: L acqua dei fiumi scorre perchè si va avvicinando al centro della terra. Se tal discesa e "uniformemente disforme", se ne calcola il tempo el entità. Ghiaia ed erba ostacolano il moto dell'acqua."</p>
<p>Figure di due curve con: a - K - b - L - c - m - n - d h g f - i - e - q d.</p> <p>La curva <i>f e</i> e parte della spera della acqua e nessuna parte d acqua d essa spera ara per se moto e nessuna acqua si movera con moto retto e equale s ella non e curva con curujta vnjformemente disforme distante dalla spera dell acqua e del cietro del mondo.</p> <p>La disformjta fia in tutte le equal partitionj dalli eciessi equalj come j^o 2 3 4 5 6 etc che ssenpre lo ecciesso e vna vnjta come vedi 1 he 2 che l dua ecciede j^o per vna vnjta e l 3 eciede 2 per vn altra vnita e chosi seguita al continuo d vnjta inn vnjta e lli spati interposti infra essi acrescimenti sieno equali come e ognj 100 br della spera dell acqua il corso del fiume s avicinj vn dito al cietro del mondo e ogni 3 dita fanno v(n) br e 3 cientinara di br fano vn mjglio e cquesto moto dell acqua essendo d # fa vn mjglio per ora e per questa tardita il fiume nen ruina ne piegha le sue rette argine onde queste tal moto dell acqua a superfitie curva si per largheza come per lungheza le qualj curvita son senpre variate perche senpre crescano nello avvicinarsi a esso cietro del mondo e cquesta tal uarieta e unjforme perche le partitione e llo discienso e vnjforme.</p> <p>Foglio capovolto: Dell erbe o ghiare inpeditrici del moto delle acque.</p> <p>#la lettera e sul margine e par che manchi l'intera parola.</p>	

4	<p>"pelago e detto quello il quale ha ffigura larga e profonda nel quale lacque stanno con poco moto gorgo e ...". Definition of fluvial terms</p> <p>This is the beginning of a long text spreading over three pages of the Ms I, beginning in 72V and ending in 71V. It contains many definitions and a long list of terms under the title 'Principio del libro dellacque'. For some terms, I have chosen to give them in their original language.</p> <p>I found 'argine', 'riva', 'ripa' in Dante's Inferno. (respectively in Canto XXI, 136, Canto XXX, 18, Cantos XXIII, 43, XXXI, 61, for example). By the way, there is much more fluid mechanics in the Inferno than in Paradiso.! [Camerini,1870.]</p>
Ms I 72V T1-3	<p>principio del libro dell acque pelago e detto quello il quale ha ffigura larga e profonda nel quale lacque stanno con poco moto gorgo e di natura di pelago saluando la uariatione dalcuna parte e cquesto e che llacue che entrano nel pelago sono senza percussionj e cquelle del gorgo sono cho gran cadute e ribollimenti e surgimentj fattj dalle continve revolutiione delle acque (72V T1)</p> <p>fiume e quello che possiede il sito della piv bassa parte delle vallj e corre continvamente torrente e quello che corre sol per le piogge e acora luj si riduce nelle basseze delle vallj e saccompagnja co fiumj canale si dice alle acque regolate infra arcgine per umano aiuto fontj e detto ai nasscimenti de fiumj argine e cquella con sua subta alteza contrasta allo allargamento de fiumj e canalj e torrentj ripa fia piv alta che largine riva fia piv bassa che largine spiaggia sia nel ultima basseza de lochi che ttermjnano cho laque. (72V T2)</p> <p>Lago e quello doue lacque de fiumj pigliano gran largeze paduli sono acque morte (72V T3)</p>

<p>4</p> <p>Ms I 72V T4</p> <p>Ms I 72R</p> <p>T1-3</p>	<p>"stagnj son lochi over riciettj dacque scolative o piovane che per essere . . ." Definitions of fluvial and other terms</p>
	<p>grotte sono cave fatte nell argine de fiumj dal corso de fiumj queste anno lungeza per la linja del corso delle acque anno alquanto di profondita e anocora si caciano sotto il fondamento dell argine e vano mancando di lor figura verso li stremj della lor lungeza caverne sono a vso di fornj entranti forte sotto largine nelle quali lacque forte si ragirano e senpre lacrescano pozzi sono le subite profondita de fiumj.(72V T4 - 72R T1)</p> <p>stagnj son lochi over riciettj dacque scolative o piovane che per essere i lor fondi stagnj e densi la tera non po bere ne asciugare tale acque.(72R T2)</p> <p>balatri sonn ancora lochi di subita profondita procielle sono tempesta di acque polulamentj e ssurgimenti sono nascimenti dacque ma lluno vien di sotto in su e llaltro solamente a moto trasversale che cade di qualche grotta somergiere sintende le cose ch entrano sotto lacque intersegatione dacque fia quando lun fiume sega altro. (72R T3)</p>

4	<p>" risaltatione. circulatione. revolutione. ravoltamento. ragiramento. risaltamento.. " List of fluvial and other terms.</p> <p>Ravaisson-Mollien, a century ago, left all these terms in the original language instead of translating them. I have given English versions of them [see my IIHR monograph on Ms I], but I believe that scholarly work on Leonardo manuscripts will always be poor if done with translations. I took into account that water flow was prevalent in Leonardo's mind, and that 'vementia', 'furiosita', 'impetuosità', 'ricalcitratione', etc. were not be interpreted in other ways than meaning some properties of fluid flow and transport phenomena. To understand Leonardo the hydraulician, we should not forget that it is common even today to speak of "menacing or treacherous waters", or of "dead water", or "dead wind". It is interesting to consult the Webster on the meaning of "dead water", also called "eddy water" !. I thought that perhaps it should have been called "deadly water" rather than "dead water". It is interesting that the Spanish "aguas muertas" is much closer to Leonardo's 'acque morte' than the English "dead water"</p>																																																
<p>Ms I 72R T4 Ms I 71V T1</p>	<table border="0"> <tr> <td>risaltatione.</td><td></td></tr> <tr> <td>circulatione.</td><td>revolutione.</td></tr> <tr> <td>ravoltamento.</td><td></td></tr> <tr> <td>ragiramento.</td><td></td></tr> <tr> <td>risaltamento.</td><td></td></tr> <tr> <td>somergimento.</td><td>surgimento.</td></tr> <tr> <td>declinatione</td><td></td></tr> <tr> <td>eleuatione</td><td></td></tr> <tr> <td>cavamento.</td><td>consumamento.</td></tr> <tr> <td>percussione.</td><td>ruinamento.</td></tr> <tr> <td>discienso.</td><td>inpetuita*. (72R T4)</td></tr> <tr> <td>retrosi.</td><td>vrtationj.</td></tr> <tr> <td>confregationj.</td><td>ondationj.</td></tr> <tr> <td>rigamentj.</td><td>bollimentj.</td></tr> <tr> <td>ricascamentj.</td><td>ritardamentj.</td></tr> <tr> <td>scatorire.</td><td>versare</td></tr> <tr> <td>ariversciamentj *.</td><td></td></tr> <tr> <td>riatuffamentj</td><td></td></tr> <tr> <td>serpegianti *.</td><td></td></tr> <tr> <td>rigore *.</td><td></td></tr> <tr> <td>mormorij.</td><td>strepidi.</td></tr> <tr> <td>ringorgare.</td><td></td></tr> <tr> <td>ricalcitratione.*</td><td>ruine.</td></tr> <tr> <td>frusso e refrusso.</td><td>(71V T1)</td></tr> </table>	risaltatione.		circulatione.	revolutione.	ravoltamento.		ragiramento.		risaltamento.		somergimento.	surgimento.	declinatione		eleuatione		cavamento.	consumamento.	percussione.	ruinamento.	discienso.	inpetuita*. (72R T4)	retrosi.	vrtationj.	confregationj.	ondationj.	rigamentj.	bollimentj.	ricascamentj.	ritardamentj.	scatorire.	versare	ariversciamentj *.		riatuffamentj		serpegianti *.		rigore *.		mormorij.	strepidi.	ringorgare.		ricalcitratione.*	ruine.	frusso e refrusso.	(71V T1)
risaltatione.																																																	
circulatione.	revolutione.																																																
ravoltamento.																																																	
ragiramento.																																																	
risaltamento.																																																	
somergimento.	surgimento.																																																
declinatione																																																	
eleuatione																																																	
cavamento.	consumamento.																																																
percussione.	ruinamento.																																																
discienso.	inpetuita*. (72R T4)																																																
retrosi.	vrtationj.																																																
confregationj.	ondationj.																																																
rigamentj.	bollimentj.																																																
ricascamentj.	ritardamentj.																																																
scatorire.	versare																																																
ariversciamentj *.																																																	
riatuffamentj																																																	
serpegianti *.																																																	
rigore *.																																																	
mormorij.	strepidi.																																																
ringorgare.																																																	
ricalcitratione.*	ruine.																																																
frusso e refrusso.	(71V T1)																																																

".

4	<p>" conquassamentj. balatrj. spelonche delle ripe. reuertigine. precepitj. . . " List of fluvial and other terms.</p> <p>Among Leonardo's manuscripts, the Codex Hammer is perhaps the one that provides the student of Leonardian Fluid Mechanics with more insight into his terminology. The above interpretations are mainly based in my knowledge of that codex. In a certain way, I have tried to summarize, as well as possible, what one could name " Leonardo's usage". I believe that much remains to be done, and I hope that the work done for these two pages of the Ms I becomes the initial step of a thorough study, by experts and not by generalists, of Leonardo's terminology in hydraulics and fluid mechanics.</p> <p>Some of the terms are also defined in the Ms I; see, e.g., what Leonardo says about 'bollori' and 'risalti' in 71R. T1, or 'vementia' in 61V T1. See also, the two terms (furibonda , balatro) in Ms I 128R T1</p>																																														
Ms I 71V T2	<table border="0"> <tr> <td>conquassamentj.</td><td>balatrj.</td></tr> <tr> <td>spelonche delle ripe.</td><td></td></tr> <tr> <td>reuertigine.</td><td></td></tr> <tr> <td>precepitj.</td><td>reversciametj.</td></tr> <tr> <td>tomvlto.</td><td>confusionj.</td></tr> <tr> <td>ruine tempestose.</td><td></td></tr> <tr> <td>equationj.*</td><td>equalita.</td></tr> <tr> <td colspan="2">aratione di pietre *</td></tr> <tr> <td colspan="2">vrtamento.</td></tr> <tr> <td colspan="2">bollorj.</td></tr> <tr> <td colspan="2">vrtamento.</td></tr> <tr> <td colspan="2">bollorj.</td></tr> <tr> <td colspan="2">somerigimenti dell onde superfitalj.</td></tr> <tr> <td colspan="2">retardamentj</td></tr> <tr> <td>ronpimentj.</td><td>diujdimentj.</td></tr> <tr> <td>aprimetj.*.</td><td>celerita.</td></tr> <tr> <td>vementia.</td><td>furiosita.</td></tr> <tr> <td>impetuositia.</td><td>concorso.*</td></tr> <tr> <td>declinatione.</td><td>conmjstamento.</td></tr> <tr> <td>revolutione.</td><td>cascamenta.</td></tr> <tr> <td>sbalzamento.</td><td>conrusione *</td></tr> <tr> <td>dargine</td><td></td></tr> <tr> <td>confuscationj. (71V T2)</td><td></td></tr> </table>	conquassamentj.	balatrj.	spelonche delle ripe.		reuertigine.		precepitj.	reversciametj.	tomvlto.	confusionj.	ruine tempestose.		equationj.*	equalita.	aratione di pietre *		vrtamento.		bollorj.		vrtamento.		bollorj.		somerigimenti dell onde superfitalj.		retardamentj		ronpimentj.	diujdimentj.	aprimetj.*.	celerita.	vementia.	furiosita.	impetuositia.	concorso.*	declinatione.	conmjstamento.	revolutione.	cascamenta.	sbalzamento.	conrusione *	dargine		confuscationj. (71V T2)	
conquassamentj.	balatrj.																																														
spelonche delle ripe.																																															
reuertigine.																																															
precepitj.	reversciametj.																																														
tomvlto.	confusionj.																																														
ruine tempestose.																																															
equationj.*	equalita.																																														
aratione di pietre *																																															
vrtamento.																																															
bollorj.																																															
vrtamento.																																															
bollorj.																																															
somerigimenti dell onde superfitalj.																																															
retardamentj																																															
ronpimentj.	diujdimentj.																																														
aprimetj.*.	celerita.																																														
vementia.	furiosita.																																														
impetuositia.	concorso.*																																														
declinatione.	conmjstamento.																																														
revolutione.	cascamenta.																																														
sbalzamento.	conrusione *																																														
dargine																																															
confuscationj. (71V T2)																																															

4	List of fluvial topics.	
CA 783R c. 1508-10 (288bR)	<p>In alto, a carboncino.</p> <p>* dell acqua dalla superfitie al fondo.</p> <p>*Delli cambiamenti dell acqua dall una riva all altra</p> <p>*Dellj misstamenti delle acque</p>	

4	<p>"e dalla furia de fiumj strettj ai larghi e da cquelli . . ." " . . . e come subito si gienera i retrosi e llor cavamenti come si vede alle conche di mjano . . . " Questions of fluvial hydraulics and navigation canals..</p> <p>This is either part of a plan for a book, or one of the many listings of the topics that one finds in Leonardo's notebooks, sometimes extensively treated and sometimes just briefly discussed, and sometimes wandering from one theme to another.</p>
Ms I 88R - 87V	<p>e dalla furia de fiumj strettj ai larghi e da cquelli ce corrono per grosse pietre o mjinve o rena o ttufo e da cquelli che da alto chagiano percotendo sopra diuerse pietre con vari balzi e saltj e da cquelli che cagiano per diritto camjno tochando e apogiandosi a equale fondo e di quellj che cagiano di grande alteza solo per laria e dacquelli che chagiano per laria di figura tonda o ssottile e llarga o diujsa o vnja e poi scrivi tutte le nature delle perchussionj in superfitie i mezzo e nel fondo e de sua diuerse obliquia e diuerse nature dobbietto e diver/. (88R T1)</p> <p>se figure dobietto e sse dai il moto a vna acqua come aprire sue cateratte di sopra o i mezzo o di sotto le difereze chella fa nel calare e muovere in superfitie e ce che effetto ella fa a entrare con tal chaduta sopra terreno o acqa morta e quell onda che prima e mosa come si mantiene per equale o disequale canale e come subito si gienera i retrosi e llor cavamenti come si vede alle conche di mjano natura de subiti enpitj de fiumj e cosi di quell che cresscano a pocho a pposo delle acque ancora che non possano passare per le gran piene per li archi de ponjtj ch elli superano e in che modo lacqua che passa per tale archi cresscie linpeto per aueri gran peso di sopra. (87V T1)</p>

4	A	Long list of topics of fluvial hydraulics.	
CA 201R		<p>2. La corente del pichol fiume ch entra nel pelago si diriza in verso il chorso della magor corente. 35m</p> <p>Del piegare li fiumj. 27 m</p> <p>Del rienpiere le pronfonditga sotto largine de fiumi.</p> <p>Come li fiumi rienpiano il mare e llo cacàn del suo sito. 22 m</p> <p>Come li fiumj a segato li montj e ssgorgati li laghj. 22 m</p> <p>Come li fondi de fiumj col tenpo se leuano in verso la superfite delle acque come mostra l Arno che core da mote Lupo in gu che ga uj fu mare che prima non correa.</p> <p>Dello scoprimento e creationi dell isole. 17 m</p> <p>Come tutte le uene e lli fiumj sono per lunjverso insieme gunte. 16 m</p> <p>Moltj son li fiumj che ssi sechano nelli lor lunghi corsi e moltj son che tal lungheza cresscano. 16m</p> <p>Delli fiumj che manchono la state e di quellj che cresscano.</p> <p>Perche si uarian si spesso le profondita delle foci de fiumj che versan nel mare.</p> <p>Perche si uariano londe nv medesimo corso e ffondo di fiume e cquantita dacqua</p> <p>2. Della conguntione de fiumj dopo li loro obbietj.</p> <p>De torrentj e ffiumj naturali.</p> <p>2 Delle uarieta delle ramjficationj de fiumj che insieme sisscontrano.</p> <p>Delle diujsionj de fiumj in diuersi ramj.</p> <p>2 Delli fiumj mjnori che per diuerse linie entran ne magorj.</p> <p>Delli ramj che ssi chauan de fiumj. (cont.)</p>	

4	B	Long list of topics of fluvial hydraulics.	
CA 201R-V (cont.)		<p>2. Delle diuerse intersegationi che ffa un fiume passando per un altro.</p> <p>Delli gobbi delle argine che cieran col tenpo tutta la pianvra onde tal fiume passa. 13m</p> <p>Causa delle ramijfication de fiumj.</p> <p>Causa delle unjtionj di diuersi fiumj.</p> <p>2.Della congiuntione dell acque di uarie profondita.</p> <p>Delle origine de fiumj e llor uarieta.</p> <p>Dove lacqua lascia li letti de fivmj e chorre per altri siti.</p> <p>Varieta d effettj per varieta di grosseze de fiu.</p> <p>Della cognjtion de la profondita de fiumj torbidi.</p> <p>CA 201R</p> <p>Del trovare la mjinor profondita ne mezi de fiumj. 8 m</p> <p>De locho doue il fiume nella sua ultima basseza ha a riseruare le sua correntj.</p> <p>Dove si mvta la corente nelle magori inondationj de fiumj.</p> <p>Delli retrosi de fiumj.</p> <p>Scontri de corsi delle acque infra loro nv medesimo fiume per diuerse qualita dangoli che generan diuerse potenze.</p> <p>1. Scontro dellj lati de fiumj cholli liti obbliquj de fiumj.</p> <p>Mantenjmento della corente pel mezo della largheza dell argine.</p>	

4	Questions of fluvial hydraulics	
CA 831R c. 1508-10 (305aR)	Dall alto: Se lle torture de fiumj inpedisscano il moto dell acque in pari corso quanto farebbe vn corso retto. Se vn fiume di varie obbliqujta corre quanto vn retto n vn medesimo tempo in pari corso Due acque che ssi confregano la sabbia fa cresta.	

4	Fluvial regimen of the Adice.	
Ms F Inner cover T6	da maestro mafeo perche 7 anni ladice alza e 7 abassa. (T6)	

4 CA 1007R D7 c.1490 (361 bR)	"De fivmj " A poorly written assortment of statements on fluvial hydraulics. Marinoni: "I testi si riferiscono al comportamento dell acqua soprattutto nei fiumi con brevi cenni al vento e al fuoco" Il titolo ripetuto piu volte 'De fiumi' non indica sempre l'inizio d'un brano, ma anche la sua continuazione"
--	---

Meta destra
De fivmj
Il fiume che ara chontina basseza nel mezo del suo chorso si mantera le sue argine.

De fivmj
Dove il chanale e piv stretto jvi chore l acqua piv forte che altrove e nel uscire dello stretta s alarcha chon furia e perchote e consuma le vicine ripe traverse e spesso mvta chorso d uno in altro locho.

Dal margine superiore
De fivmj
Propositio il fiume che chore di diseguale chorso fa diseguale profondita e llargeza la ragion si e che cquela parte del fiu che ssi moue piv presta chavsa il suo movimento da piv declinante fondo e dopo essa china l acqua perchuote in quella parte doue finjcie essa declinarione e lleua la giara e por 4

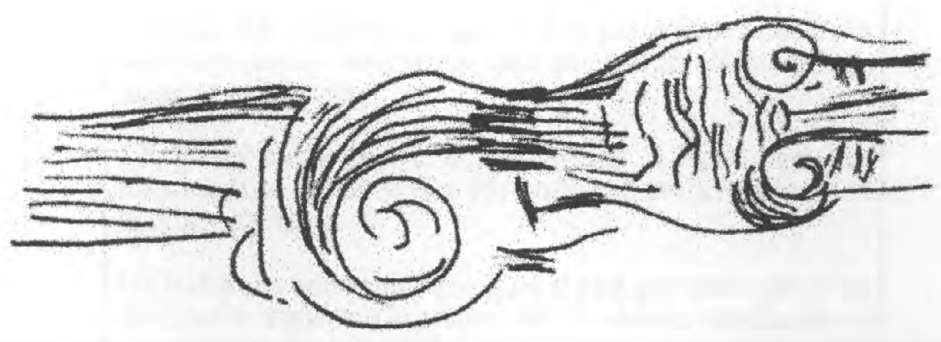
De fivmj
tala in alto e ffa contro al suo inpito resistente argine. Onde achade che l acqua si fa piana infra l corso e l argine e la superfitie della soprauenente acqua fa inpeto in ne la superfitie dell acqua piana e chosi

Fivmj
e lla superfitie e l fondo de la soprauenente acqua truova resistantia nella superfitie di quella acqua di mjinor chorso di lej e nel suo fondo elevato 5


De fiumj
5 e ssuuto si volta in traverso chorso faciendo inpeto e chonsumando choi sua retrosi le vicine arginj.
Il retroso fia di maggiore circhuito in quella parte doue

A destra figura di 'retrosi'.
Fivmi
Se il chorso disordinato fia nel mezo del largeza del fiume fara 2 chontrari retrosi i quali roderano le da llozo perchosse ripe.

Fivmj
Se il chorso disordinato fia piv uisino a l una che all altra ripa profondera dopo il suo chorso lo lato dove perchote e chadera sotto la sua ripa - 6 la quale in brieue tenpo li chadera adosso rienpiendo il facto fondo voltera l inpeto suo dall oposita ripa - 6 e fara j^o retroso il quale fia per se solo tanto quanto i 2 primj e alargera l argine a risontro del suo cietro

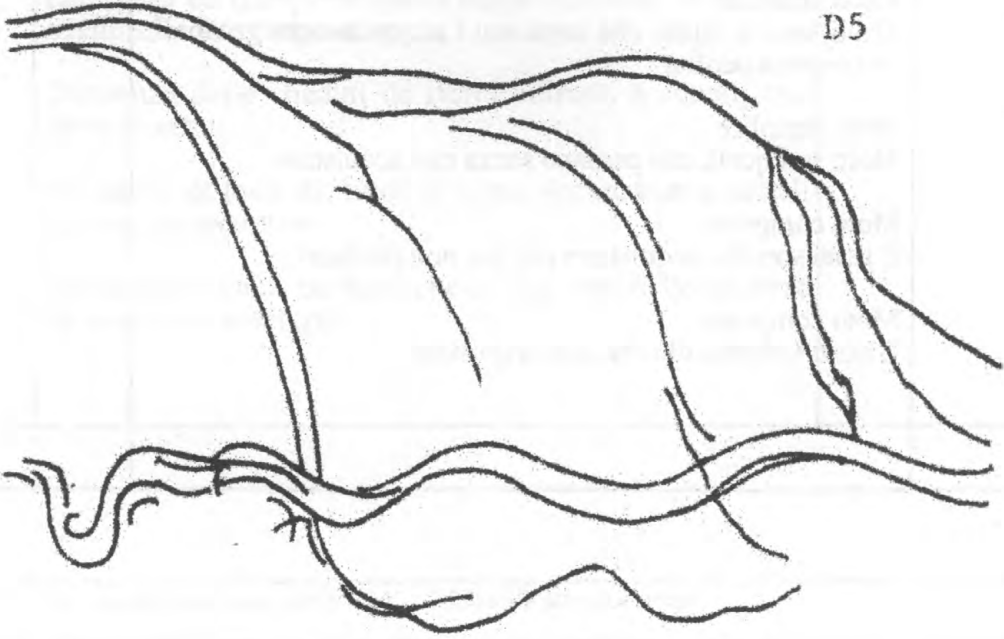


4	"De fiumj reali e fiumj comvni e torrenti"	
CA 214bR	<p>De fiumj reali e fiumj comvni e torrenti.</p> <p>Diferenza da fiumj che coron larghi a cquellj che ssono stretti nelle lor perchussionj.</p> <p>Diferenza delle chaduti de fiumj correnti a cquellj che chorrone rare.</p> <p>Diferentia de fondi de fiumj di (g)ran declinationj a cquellj che son di tardo moto.</p> <p>Diferentia di fondi ne fiumj che corano srittj fa lle saldezze de sassi delle montagne.</p>	

4	" Li fiumi diritti son quelli che . . " Classification of rivers.	
CA 268R c. 1516-17	<p>A destra, due figure con acqua - a b</p> <p>Li fiumi diritti son quelli che si conponghano delle lor ramificationi e lli fiumj diriti si contano (?) in ramificationi e ss(on) detti fontajli o vero rozze (rogge ?) come mostro in a b.</p> 	

4	"De fiumj". Clasification of rivers.	
Ms K 60V T1-4	<p>De fiumi</p> <p>Moto semplice Molti sono li fiumi che crescano l acque in ogni grado di moto senza perdita</p> <p>Moto semplice Molti son quelli che perdano senza mai acquistare</p> <p>Moto composto E assai son che acquistano piu che non perdano</p> <p>Moto composto E assai perdano piu che non acquistano</p>	

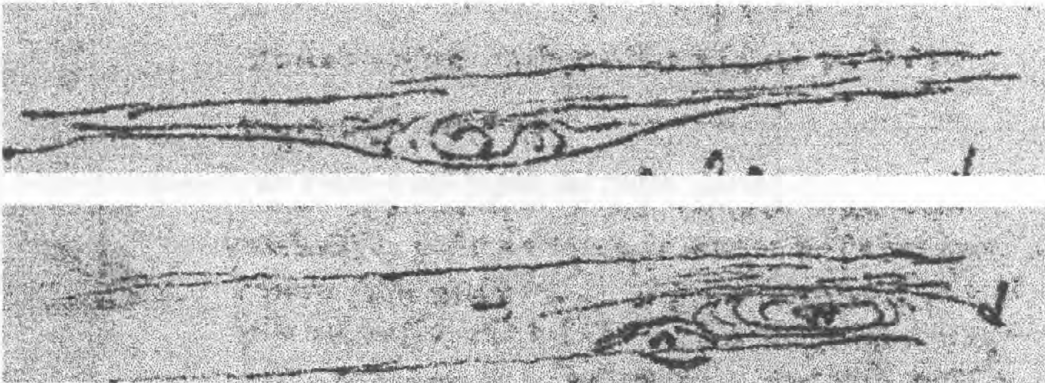
4	<p>"Delli fiumj e delli lor chorsi"</p> <p>Marinoni points at a contradiction between the beginning and a proposition numbered 12.</p>	
CA 422R c. 1515-16	<p>Angolo superiore sinistro</p> <p>Delli fiumj e delli lor chorsi Infra llj fiumj retti facti in medesima qualita di terreno con medesima abbondantia d acqua e con equale larghezza lungeza e profondita e obbliqjta di corso quel si fara piu tardo che ffia piu anticho.</p> <p>Prouasi. De li fiumi retti quel si fara piu tortuoso che e piu anticho e cquel tortuoso si fara piu ttardo che acquissta maggiore lunghezza.</p> <p>12 Delle acque che da equalj altezze a equal bassezze dissciendano quella si fara piu tarda che ssi mvove per piu lungho chamjno.</p> <p>De fiumj che anno principio quel si fara piu tardo che e piu anticho e cquessto nasscie che l chorso mediante le acquisstate torture del fiume al chontinuo acquissta lunghezza e lla causa e ddetta quj di sopra nella 12.</p>	

4 CA 425V D5	Fluvial sketches ? D5 may consist of two fluvial sketches which overlap somewhat
	

4	Del governo de fiumj Marinoni: "Necessita un'autorita superiore per regolare il corso d'un grande fiume. Il fiume quanto e piu diritto tanto meno ronpe gli argini."	
CA 815R c. 1490 (297aR)	Del governo de fiumj Ciasscun grosso fiume a volersi mantenere dentro alle su arginj e neciessario ch elli abbj vn vfitiale che abbi alturita di potere chomandare a popolj ujsinj a esso fiume e rachonciare senpre doue si ronpe. Del mantenere i fiumj Quel fiume che chorrera piv diritto piv ssi mantera denro alle sue arginj.	

4	<p>"sia due canalj dequale largeza e chorso e profondita che ssintersegino chon angoli retti . . ."Fluvial hydraulics; field observations and experiments. T18 to 20 presents an ambitious program of field observation and experimentation in fluvial hydraulics. Note, e.g., that Leonardo considered causing experimental bank scour which we would probably not be able to undertake in a society more vigilant about tampering with the environment. I believe that one of the questions is very representative of Leonardo as a research engineer: ' <u>dimandasi per la superfitie la cognition del fondo</u>'.</p>
Ms C 15R T18-20	<p>sia due canalj dequale largeza e chorso e profondita che ssintersegino chon angoli retti sieno essi fiumj intersegati chon uari acuti o hottusi sia il doppio piv largo luno che laltro sia il dopio piv chorente lostretto chel largo vno fiume ricieua vn altro con tutte le uarieta dangoli e chorsi e largeze e profondita (T18)</p> <p>vno fiume abia lita fango legnjo solato giara rena et torbido e llegendame e ffrache mjste chol suo chorso sia vn fiume che abi cavernose e ssmusse le sua argine e ssassi e piante e herbe e givnchj sia esso fivme con gran sassi siagli vento contro che possa quant esse e in tutti gradi di piv e di mancho sia nel fiume vari moti e liniamenti dacqa dimandasi per la superfitie la cognjtion del fondo. (T 19)</p> <p>sia fatti ripari alle ruine dell argine sia fatte rovinare largine sia fatto porre a essa argine fang o rena o legnj e sassi sia fatto fare al fivme vna fossa sia per se fatto torcere sia il torto fatto diritto. (T 20)</p>


4	<p>"Dun fondo dun canale si traga acqua domando che ffa in superfitie e quello nel fondo e . . ."</p> <p>Fluvial hydraulics; field observations and experments.(T18-23)</p> <p>T21 is related to a number of other texts in the notebooks of Leonardo. He seems to have been fascinated by the behavior of impinging jets and of jets impinging on water nappes. I have done experiments that show that he was generally correct in his description of these phenomena. (Macagno 1982, 1986a, 1988a.)</p> <p>T22,23 contain more proposed questions in need of an answer, or experiments and observations to be performed. (See T7 to T20 also.) I have referred to the value of these profuse lists and to a way of evaluating them in Macagno 1988a.</p>
Ms C 15R T21-23	<p>due acque givnte a vna chaterata insieme perchotino e chascino in basso insieme intersegate. (T 21)</p> <p>Dun fondo dun canale si traga acqua domando che ffa in superfitie e quello nel fondo e di che locho venga essa acqua dun acqua che corra e sotto abbi vn buso Acqua che chorra di sotto e non di sopra acqua che chorra di sopra e non di sotto acqua che chore i mezo e non di sotto o di sopra acqua dequal corso. Acqua che ffa retrosi di sopra e non di sotto acqa che ffa retrosi di sotto e non di sopra acqua che core i mezo di fiumi e non da parte e che core da parte e non nel mezo. (T 22)</p> <p>Entri lacqua con perchussione in esso canale entri traversa entri con due canali e ffaciasi uno partasi il canale i mezo in due e po si congivnga Sia fatto in esso canale gobbi nel fondo e fosse e gomjtj tondine largine e gomjtj di uarie angolj e fondi con jspiagie e variato il fondo or di qua e ora di la da llargine Sia fatte fosse a riscontro infra lluna e laltra argine e alto il fondo im mezo sia fato pel contrario Sia messi sassi visini alla superfitie Sia messi sassi che superin lacqua Sia messi spal co civse. (T23)</p>

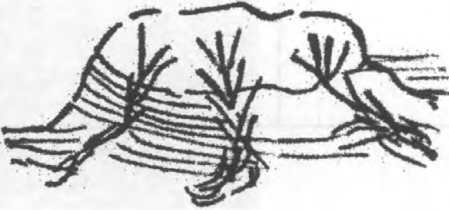
4	<p>"La inequalita del fondo de fiumi nasce da . . ." Fluvial hydraulics due to irregular bed and margin</p> <p>In D1 we have a longitudinal cross-section of a river, while in D2 we see a plan view. This must be taken into account by the reader, and of course it has been taken into account by the author of this monograph. One must not trust any Leonardist who has not taken carefully into account the meaning of the drawings in Leonardo's manuscripts.</p> <p>I found T3 difficult to interpret. Both Marinoni and Ravaisson-Mollien seem to have had problems, although they do not say anything. I prefer to warn the reader that the original may have meant something else. D2 did not help me because I believe the vortex upstream from a is too big. In connection with T3, I am not sure if to consider D2 as a plan view or longitudinal cross-section. I have the feeling that Leonardo may be describing here a transient flow and transport phenomena due to a certain amount of earth falling into the stream. For further study, I believe that we must correlate carefully this passage with similar ones (see ,e.g., Ms H 29R, 87R) and rely on a second trial with the original words as they are in the Ms F. I consider my interpretation, at this instance, as tentative.</p>
<p>Ms F 12V T1-2 D1 T3 D2</p>	<p>Lacqua di fondo inequale fa contrari moti dalla superfittie al fondo. (T1)</p> <p>La inequalita del fondo de fiumi nasce da piegamentj dargini o per materia da esse argine cascate alli sua piedi. (T2)</p> <p>cade terra dall argine e ssi ferma sotto lacqa a lacqa b percote in a e ssi divide parte ne torna in diriecto e ffa il retroso n e parte ne va in c sette lacqua b c e dequal velocita nella sua corente da lato c e due retrosi vno di sopra in gu e vn da la a qua in n si ferma cose lieuj e cosi sotto la corente si fa lacqua tarda dal mezo inanti nel principio per esserui poco fondo la corente e veloce di sotto come di sopra e per questo scopre la giara grossa e poi la rena e po il fango e poi le fogle. (T3)</p> <div data-bbox="281 1197 1326 1580">  </div>

4	<p>List of topics of flow and transport in rivers.</p> <p>In T1 we have another of the several lists most probably prepared for one of the books Leonardo dreamt of writing. It is very revealing of his knowledge of flow phenomena.</p>	
<p>Ms F 23V T1</p>	<p>delle uarie velocita di corsi dalla superfitie del acqa al fondo delle varie obbliqjta transversalj tra lla superfitie al fondo delle varie corrente in superfitie dell acque delle uarie corrente sopra il fondo de fiumj delle uarie profondita de fiumj delle varie figure di colli coperti dall acque delle uarie figure de colli scoperti dall acque doue lacqua e veloce in fondo e non di sopra doue lacqua e tarda in fondo e veloce di sopra doue e ttarda di sotto e di sopra e veloce in mezo doue e ttarda in mezo e veloce di sotto e di sopra doue lacqua ne fiumj sallargha e doue si restringe</p> <p>doue si piegha e doue si diriza doue si profonda equalmente nelle largheze de fiumj e doue inequale doue bassa in mezo c alta dai lati doue altata in mezo e bassa dai lati doue la corente va diritta per mezo del fiume doue la corente serpegga buttandosi in diuersi lati</p> <p>delle uarie obbliqjta ne disscensi dell acqa. (T1)</p>	

4	<p>"Laterale lobliquita" and fluvial hydraulics</p> <p>The flow to which Leonardo refers here in T1 and T2 seems to be supercritical flow in a straight channel (much like the ones represented with great detail in the Ms C [see Macagno 1988]. At this instance, he seems to confuse the configuration on the surface due to diagonal waves with the water flow; however after some time, he was able to realize the difference between the kinematics of waves and that of the water flow. There is a remarkable drawing in the Codex Arundel (see Folio 23V) showing this distinction.</p> <p>There are several questions which deserve further study in this page. One is the discussion about the elevation of the water which may be correct in spite of the confusion between wave kinematics and water kinematics. At the point where the wave is incident on the wall and it is reflected there should exist an increased elevation..</p>
MsG 14V T1-2	<p>laterale lobliquita / dove i fi fiumj delle acque che senpre si movano per diretti fiumj son di tanta maggiore o mjnore obbliquita quanto esse acque son di mjnore on magior velocita di chorso. (T1)</p> <p>acqua</p> <p>Lacqua che per diritto fiume disseorre disscende senpre si move per obbliquo corso dal mezzo all argine opposite ed da esse opposite argine al mezzo del fiume Pruovasi per la 9^a di quessto diue dicie (senpre il corso de retti fiumj son piu alti nel mezzo delle lor lagheze e dai lati che in fra l mezo delle lor larghezze e essi lati E cquessto fu provato per la 7^a doue disse (laqua de rettj fiumj mai corre per recta linja perche e tanto piu velocie quanto e ppiu remota dalle argine suo inpedimento E cquessta fv provata la doue dissi (doue sinpedisscie il moto incidente Qujvi nasscie il moto refresso E per la 10 di quessto (senpre in fra l moto incidente e l moto refresso e llinfima bassezza della larghezza de fiumj E per la vndecima (dopo lultima altezza dell acqua refressa si gienera il principio del moto incidente e per la 12^a (non si trassmuta il moto incidente nel moto refresso delle acque senza perchussion del fondo o dell argine del fiume (dove lacqua perchuote il fondo o llargine del fiume quuj si leua terreno del fondo o ddell argine desso fiume (senpre sotto il moto incidente sinnalza il fondo del fiume e ssocto il moto refresso il fondo del fiume restaura la sua altezza. (T2)</p>

4	" Come lacqua ringorgata dal vento in alcuno seno o golfo si facci di tanto peso . . " The power of the wind is such that can a bacwater effect in rivers, and seas. In my years in Argentina, I saw the "sudestada" in La Plata river many times.	
CL 12V 33-38	Come lacqua ringorgata dal vento in alcuno seno o golfo si facci di tanto peso ch ella acquisti potenza e impeto il qual superi quel del vento. Come nelle ondazione de fiumi si vegga al continuo le acque ringorgate in alcuno suo golfo ringorgarsi in tanta altezza che essa acquista peso e per conseguenza impeto tale che ringorga il fiume dove essa dirizza il suo corso el qual fiume ringorgato spesso renda la seconda ringorgazione al predetto golfo	

4	"Quj lacqa nel fivme paralelo la quale sara resstretta tanto cresscie in alteza quanto ella manca in largeza onde. . . " Changes in rivers produce changes in flow and transport. This page has unity; all the discussion is about the effect of introducing a reduction in either the depth or the width in a water channel initially of prismatic shape, and presumably with uniform water flow. The bottom, at least, is tacitly assumed to be erodible, but seemingly not the banks of the river or canal. Leonardo was aware of the effects on the banks in a situation like this [see, eg. Ms H, Macagno 1988c]. The hydromechanic problem is not simple, unless some parameters are simplified. Further analysis involving river hydraulics, is necessary.	
Ms L 30R T2-3 D1	<p>Quj lacqa nel fivme paralelo la quale sara resstretta tanto cresscie in alteza quanto ella manca in largeza onde essa nel richadere cava il locho da llei percosso (T2)</p> <p>I fiumj paralleli possano in alcuna parte della sua lungeza essere ristretti in 2 modi coe dalla superfittie al fondo over per le sua latj opositi (T3)</p>	 <p>D1</p>

<p>4</p> <p>Ms F 11V T1-2, T3-4 D1</p>	<p>"Lacqua che sscolassi della terra scoperta dal mare . . . comjncerebbe a ffare diuersi riu per le parte piu basse desso piano e . . ."Fluvial morphology.</p> <p>T1 and T2 are part of a much longer discussion, but contain already the question and the answer problem that we find in several of Leonardo's manuscripts.</p> <p>Leonardo joined T4 to T3 with a line indicating that one is the continuation of the other. In this passage, Leonardo explains with some detail the processes of erosion, transport, and deposit that were suggested only in T1-2. I have had no time to determine whether ideas like these are received knowledge or not. There are ideas about fluid flow and transport phenomena that bear some clear marks of having being developed by Leonardo, but this page (and a number of others) need - I believe - careful study, before they are considered as generated by Leonardo himself. One should take into account that he had most probably little access to writings in Latin and other languages, and as in the case of hydrostatics, he could re-think by himself some areas of knowledge already conquered by others. It is easier to determine that fluid mechanics was still practically unexplored than to ascertain the state of other sciences at the time of Leonardo. We must not forget that an important factor is the knowledge that Leonardo received in the narrative form from the many contacts he made with persons with knowledge in different areas. The problem of his sources has been, and remains, a difficult one.</p>
<p>sella terra delli antipodi che sostiene locceano sinalzassi essi scopriassi assai fori desso mare essendo quasi piana in che modo sarebbe poi col tempo a creare li monti e lle valli e lli sassi di diuerse falde. (T1)</p> <p>Il fangho overo rena donde lacqa scola quando rimangono scoperti dalle inondationj de fiumj cinsegna quel che di sopra si dimanda. (T2)</p> <p>Lacqua che sscolassi della terra scoperta dal mare quando essa terra sinnalzassi assai sopra del mare fare ancora chella fussi cuasi piana comjncerebbe a ffare diuersi riu per le parte piu basse desso piano e cosi e comjncando a cavare si farenbono ricetaculo delle altre acque circostantj e a cquesto modo in ognj parte della sua lunghezza acquisterebon largheza gros e profondita senpre crescendo le sue acque insino a ttanto che ttutta tale acqua scolerebbe e cqueste tali concaujta sareno poj li corsi de torrentj che riceuano lacque delle piene e cosi andrebbon consumando i lati di tal-- . (T3)</p> <p>lj fiumj insino a ttanto che lj tramezi dessi fiumj si farebbono acuti monti e cosi scolati talj collj comincerebbono a sseccharsi e creare le pietre a ffalse magori o mjnori seconde le grosseze de fanghi che lli fiumj portorono in tal mare per li loro diluuj. (T4)</p>	

4	Rivers and formation of lakes.	
CA 227R c. 1515 D1	<p>In alto:</p> <p>Dellj fiumj massimj ringhorghatj dalle ruine de laterali montj li quali li constrinsono alla creation de grandissimj lagh in alti siti precipitano</p> <p>Le ruine de montj chaduti sopra le consumate lor radicj mediante li continui corsj de fiumj che a pie di quellj cholle lor velocissime acque precipitano anno chiuse le boche delle gran valj situate nellj alti lochi. Quesste son chausa d alzare la pelle dell acqua alla creation de laghi le dicie e gienerar nvovi fonti e ffiumj nelli alti siti.</p>	

4	Question about shallow rivers becoming deep and clear, "dopo le gran (mort) pestilenzie".	
CL 20R 33-34	Perche dopo le gran (mort) pestilenzie e fiume si profundano e corran chiari e inanzi eran larghi e di poca profondita e sempre torbidi	

4

Ms A 23V T1-3 D1-2

"Il corso della minor somma dell'acqua obbidisce alla maggiore de gran diluvi e muta corso e . . ." The course of the river varies from low water to high water. The point is illustrated with a description of the changes in the Po river.

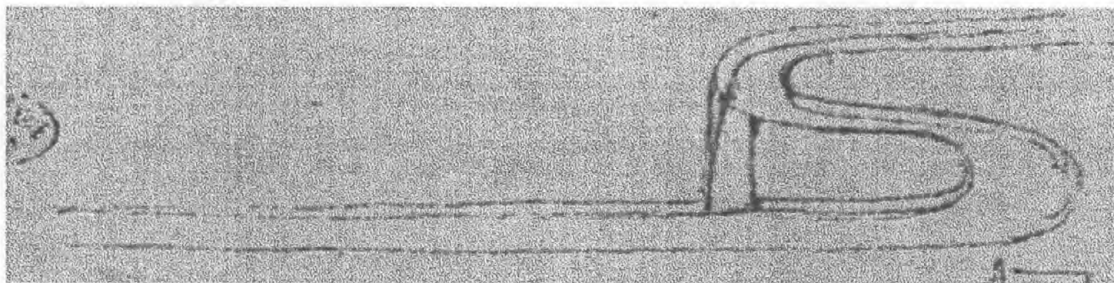
Corso dacqua tortuoso

Il corso della minor somma dell'acqua obbidisce alla maggiore de gran diluvi e muta corso e accompagnasi con quella e manca del suo cavare sotto all'argine.

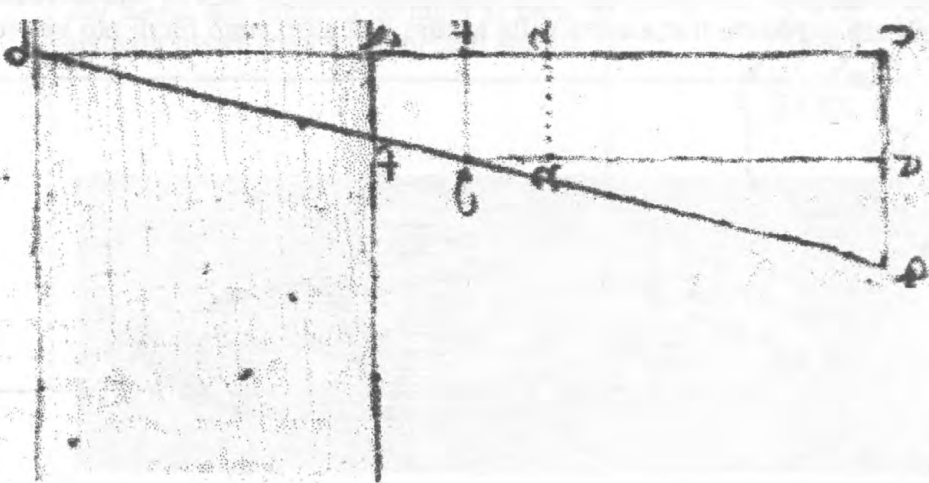
Questa sperienza si vede nel Po il quale quando e basso la sua acqua corre spesse volte per corsi traversi chiamati da lochi bassi e dirizzandosi a quelli piglia corso e percote l'argine ne sua fondamenti e quelli cava e fa ruine grandi. E quand e corre pieno la minore somma che prima intraversandosi batteva e cavava sotto all'argini lascia il suo corso perche e tirata dalla compagnia della maggiore somma e andando per lo verso del suo fondo non dannifica l'argini.

Corso dacqua tortuoso

I fiumi che di pari nascimento scorrendo per equal pianura ed equal larghezza d'argini e concorrendo a un medesimo fine quello che fia di piu torto cammino sara di piu tardo movimento. E quanto la lunghezza del diritto fiume entra nelle torture dell'altro tanto fia di piu veloce corso di lui



4.4

<p>4</p> <p>Ms E 51V T1D1</p>	<p>"Quando voi misurare un fiume nella sua larghezza . . "Measurement of the width of a river. Leonardo used twice the letter <i>f</i>. Replace $f = h$ and $h = i$. T1 and D1 need corrections. The method may not be his, but can be interpreted in terms of subdivision of figures (four congruent triangles) and a reflection in line <i>gh</i></p>
<p>Quando voi misurare un fiume nella sua larghezza discostati dalla sua riva qualche cosa piu che essa larghezza di fiume e guarda qualche segno noto nella opposita riva di tal fiume. Come se essa larghezza di fiume fussi <i>ab</i> e la remozione che tu fai da tale fiume sia <i>ac</i> la quale e alquanto piu che la larghezza del fiume. Oltre a di questo leva nello stremo di tal distanza una linia perpendicolare di quella lunghezza che a te piace e sia la linia <i>cd</i> e da esso <i>d</i> riguarda un altra volta il segno <i>b</i> ilquale tu notasti di la dal fiume e fa porre un segno sulla riva nel punto <i>f</i> il quale sia nella medesima linia <i>db</i>. Fatto che hai questo e tu dividi in mezzo la perpendicolare <i>cd</i> nel punto <i>e</i> e da esso <i>e</i> leva un altra perpendicolare in continuo diretto e dove ella si taglia nella linia <i>df</i> poni un segno dal quale leva la terza perpendicolare <i>gf</i> (<i>gh</i>?). E cosi arai fatto il quadrilatero <i>cfe g</i> (<i>ch e g</i>?) il quale tu sai che il suo lato <i>cf</i> (<i>ch</i>?) e eguale al <i>fb</i> (<i>hb</i>?) perche si come <i>e</i> punto e in mezzo alla linia <i>cd</i> cosi <i>f</i> punto (<i>h</i>?) e in mezzo all altra linia <i>cb</i>. Adunque trai <i>af</i> (<i>ah</i>?) riva del <i>fc</i> (<i>hc</i>?) che e <i>fh</i> (<i>hi</i>) e resteratti <i>hc</i> (<i>ic</i>) eguale alla larghezza del predetto fiume ecc.</p> 	

4	"L alteza dell acqua de fiumj none stara maj ferma . . .".	
CA 764R (282aR)	<p>L alteza dell acqua de fiumj non cressciera maj l una volta come l altra ma mancherà o passera.</p> <p>L alteza dell acqua de fiumj none stara maj ferma nel suo essere.</p>	

4	" Quanto cresceraj il fiume i largeza tanto dimjnvirai la uelocita del suo chorso cio .. " Description of flow in a river.	
CA 218V 1490-92	<p>Fiumj</p> <p>Quanto cresceraj il fiume i largeza tanto dimjnvirai la uelocita del suo chorso cio quanto il primo fiume entra per largeza ne la largeza del cresscivto tanto il tempo del chorso del primo fiume entra nel tempo del cresciuto perche tanto e ll entrata quanto l usscita.</p> <p>se lacqua che chade sopra l altra fia grossa uno br e cquella che ricieve la perchussione della sopravegnente acqua chore un br per tempo essendo il canale un br quadro quel chanale che ffia 2 br quadre per largeza corera 1/2 br per tempo e quello che ffia 4 br chorera 1/4 per tempo e chosi di mano i mano crescendo la largheza dimjnvira la uelocita del corso.</p> <p>Fiume</p> <p>4 l Propositionel Tanto quanto cresscieraj il fiume i largeza o in profondita tano dimjnviraj la qualjta del suo movimento.</p>	

4	" Il fiume d equale fondo ara tanto piv fuga nella mjnore largeza che lla maggiore .. "Variations in flow in a river.	
CA 576bR c 1490-2 (215cR)	<p>*Il fiume d equale fondo ara tanto piv fuga nella mjnore largeza che lla maggiore quanto la mjnore largeza entra ne la maggiore.</p> <p>This is repeated many times in different ways, until the last sentence:</p> <p>*Dov e stretto e veloce e largeza da tardita.</p>	

4
CA 218V
1490-92

Description of flow in a river. I believe D1 represents a condition Leonrdo found in mountainous rivers. I have seen similar flow configurations - although seldom - in the Andes mountains.

Fiumj

Lacqua chadendo per linja obljqva fara balzi per equali angolj e ffaranne moltj l uno dopo l altro ch ara per grandezza simjlitudine l un chol altro e lle partichule di chiaschuna onda fieno infra l loro disechualj sechondo la discordanza della parita della giara che ricieve in se la perchussione de l onda dell acqua.

Figura di corso d'acqua fra sassi e colonne (D1 III 64): m n - a b

Fivme

Se la perchussione dell onda da nel sasso *a* il suo cholmo fia in *n* e ss ella dara i nel sasso *b* il cholmo suo fj(a) in *m* e per questo vna onda fia piena di gobbi maggiori l un che l altro. E sse i locho dove si fa la perchussione dell onda fissi vna cholona a diacere l onda fia senza gobbi.

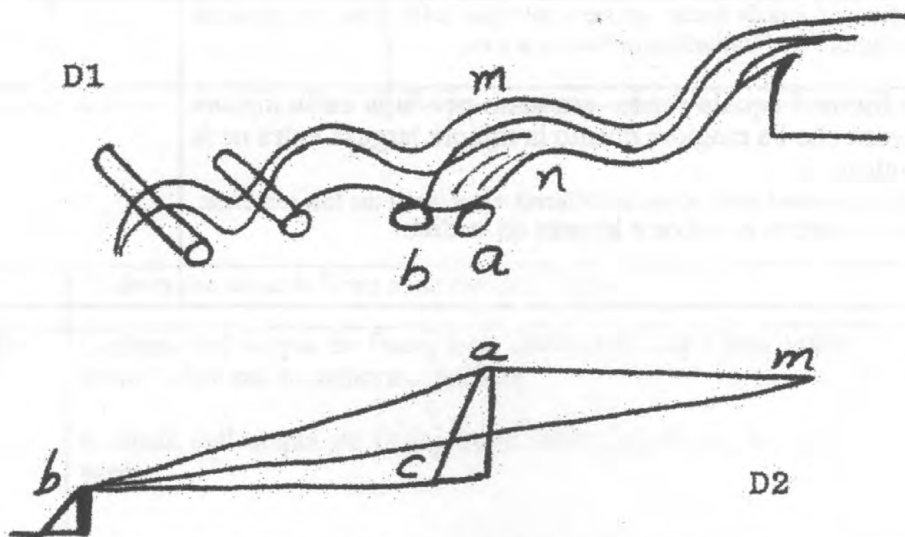
Fivme

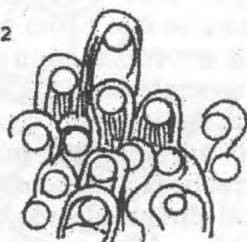

Dove l acqua si move chon furia e perchote in acqua di pocho movimento vi trova dentro resistentia e non seguita la sua dirittura anzi si volta per li 2 lati traversi e perchote e ffa impito i nell argine e cquella alarcha e chonsuma adunque raguaglia il chorso dell acqua col abassare dove tropo era e rienpi i lochi bassj fa che lacqua sia grossa sul fondo una spanna.

Al centro, sezione di fiume (D2 III-64) colle lettere m a - c b

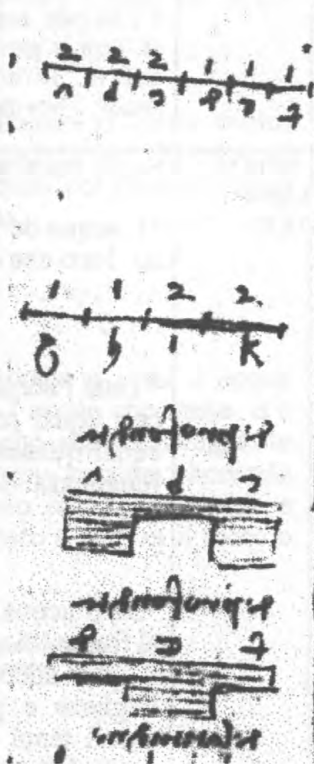
Fiumi

Se il letto del fivme fia stretto chome l acqua che chade la linja *cb* chorera si forte d acqua chome *ac* e lla ragion si e che la linja *cb* a libera fuga in *b* adunque l acqua che mette *ac* in *cb* sendo veloce velocemente bisognja che ssgonbri *cb* per dare locho alla sopravveniente acqua e presto (s)ghonbrando perche in *b* non e sostegnjo sara l acqua piv coritiua chorendo per la linja *acb* che per *ab*. E ttanto fia tirata veloce l acqua in *a* quanto *ac* spignje *cb* e ffa piv veloce chorso *macb* che *mb* ch e piv breve e di questo e chavsa il moto e cholpo di *ac* | 4 (see above)



<p>4</p>	<p>"Tutta l acqua d un medesimo fiume passa con equal tempo . . "</p> <p>Conditions of steady flow in a river.</p> <p>Marinoni: "Si enuncia il principio del moto permanente o della portata costante dell'acqua nei fiumi (cfr. Arredi, 1939, fasc. 12^o. Tutte le definizioni qui presentate sono biffate, tranne l'ultima che sembra essere preferita dall'autore."</p> <p># This rule needs to be qualified with some statement about geometry of the river. @ This is particular rather ideal case of real fluvial conditions, not a "principio" as Marimoni calls it. River flow is essentially variable, but under exceptional conditions it may be quasi-steady. Then the equations or descriptions of steady flow are applicable.</p>	
<p>CA 781aR c.1508-9 (287bR)</p>	<p>Foglio capovolto. Colonna destra.</p> <p>*L acqua de fiumj si fa tanto piu velocie n un loco che ella fu prima ritardata#</p> <p>.....</p> <p>*Tutta l acqua d un medesimo fiume passa con equal tempo (per equali gradi) con equal quantita per tutti li gradi della sua lunghezza.@</p> <p>.....</p> <p>*Se ll acqua no si accresscie o diminuisse al fiume (di uarie la velocita e larghese a) il qual ancora che sia di uarie tortuosita largheze e profondita ela passera con equali tenpi con equal quantita per tutti li gradi della lungheza del pretto (predetto?) fiume.</p> <p>Colonna sinitra.</p> <p>Doppia figura di acqua scorrente fra ostacoli: L acqua perchossa nello obbietto risalta indrieto e ritarda il chomjciato inpeto.</p>	<p>D2</p>  <p>D1</p> 

4	" . . accade per necessita che in ogni grado della sua lunghezza con equal tempo passa equal quantita dacqua . . ." Conservation of volume in river flow. Once more the conditions of stady flow are assumed.
CL 6V 26-39 D1-6	<p>Ne fiumi di qualunque varieta di larghezza e profondita accade per necessita che in ogni grado della sua lunghezza con equal tempo passa equal quantita dacqua. (26-27).</p> <p>Questo acconsente la necessita perche in quel grado dove passassi meno acqua che nelli altri vi si verrebbe a seccare lacque perche il grado che sotto a quel succedessi non potrebbe dare piu acqua a laltro grado che il suo antecessore grado avessi dato a lui e cosi li gradi dove passassi piu acqua non avendo chi gliela sgombrassi dinanzi si verrebbe col tempo [a] alzare insino al celo . Poniam che per li 3 gradi [D1] <i>a b c</i> passino ij 3 tempi armonici 6 libbre dacqua cioe 3 libbre per grado in un tempo detto e che inelli altri 3 gradi <i>d c f</i> [<i>d e f</i>?] sotto a questi ne passi in 3 altri tempi 3 libbre dacqua cioe una libbra per grado in n tempo seguirebbe grande errore inel moto perche nel grado <i>c</i> ultimo de li 3 avanzerebbe in ogni tempo armonico una libbra dacqua che in un ora ch e composta di mille ottanta dessi tempi avanzerebbe mille ottanta libbre dacqua e rimarrebbe tagliata ed elevata dal grado <i>d</i>.</p> <p>E cosi direno quando nun tempo e passassi per <i>g h</i> una libbra dacqua nun tempo e che per <i>i K</i> ne passassi 2 nun simil tempo e si verrebbe a consumare piu acqua il doppio in <i>i K</i> che nel medesimo tempo da <i>g h</i> [D2] non li fu dato. (27-39]</p>



4

CA 1018R
c. 1503-5
(365aR) D1

"... Doue l'acqua e piv veloce essa e di mjinor profondita e cosi de conuerso ..."

Marinoni: "La scrittura più larga e spaziata che occupa la metà superiore della facciata destra e tutta la sinistra ifittendosi verso il fondo, tratta della velocità dell'acqua e della sua azione erosiva dal fondo riafermando il principio del moto permanente dell'acqua in un fiume. cfr CA 407R"

Facciata destra, metà superiore.

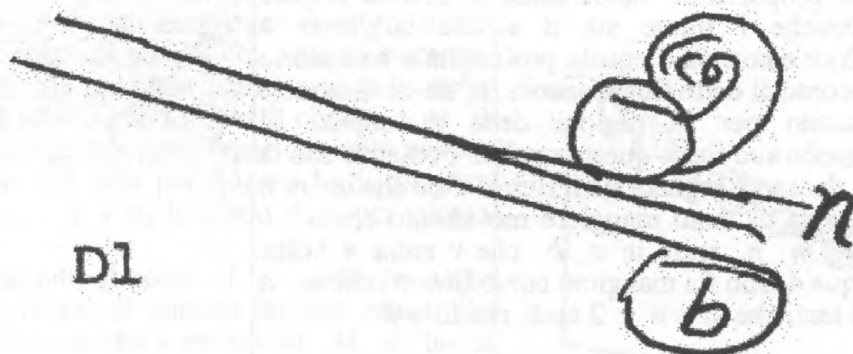
Corso d'acqua in discesa con: m - n - b

Doue l'acqua e piv veloce essa e di mjinor profondita e cosi de conuerso sara piv profonda doue essa ara mjinor moto essendo per tutto il fiume d'eguale largheza.

Quessto si prova per la 8^a del p^o che mostra che l' fiume da transito in ognj parte della sua lungheza con equal tempo a equal quantita d'acqua essendo esso fiume di qualunque uarieta si sia o per largheza o per obbliqjta o profondita o tortuosita.

L'acqua perchuote piv il suo fondo dov'ella cade di magore e piv alta onda.

L'onda sara piv alta dove il corso dell'acqua termjna chon magore inpeto e doue trova tale inpeto l'acqua piv ferma.

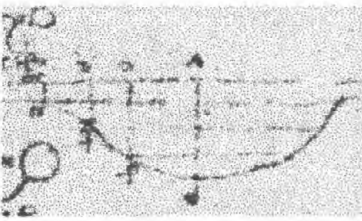


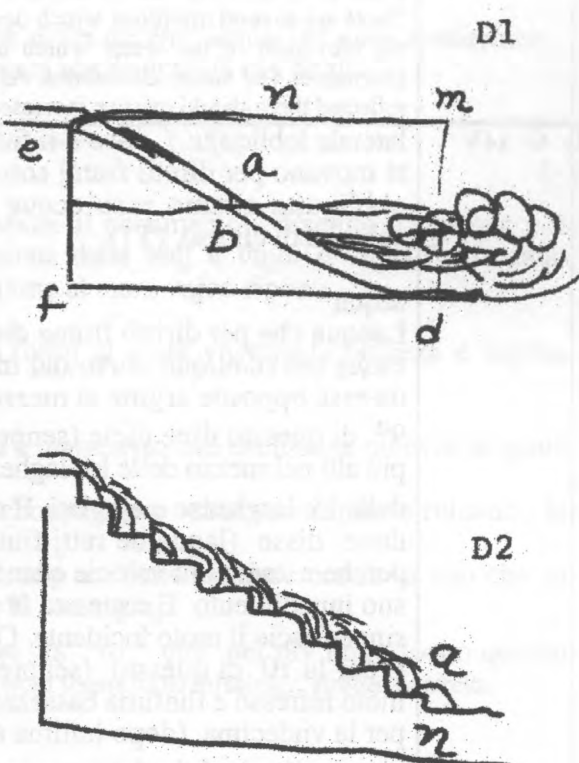
Facciata sinistra, margine superiore

Doue il canale del fiume e piu obbliquo li e piu veloce corso d'acqua e dove l'acqua he piu veloce piu consuma e profonda i letto del suo fiume e ffa che vna medesima quantjta d'acqua mancho occhupa di larghezza. Quando piu briue sara il corso de fiumj tanto fia di magiore uelocita. E cosi de conuerso sara tanto piu tardo quanto il suo corso fia di magore lungheza.

Doue la soprabondanza d'acqua non e ricevuta dalla profondita del canale suo neciessita la fa trabocchare fuorj delle sue argini.

Nessuna parte d'elemento pesa nel suo elemento se dentro a quello non e mosso con jnpeto o sse dentro a quello non ricadessi quando di quello fussi extracto nell'altro elemento

4	<p>"Ogni movimento d'acqua d'eguale larghezza e superficie correrà tanto più forte in uno loco che nell'altro quanto sia meno profondo nell'uno loco che nell'altro." Conservation of volume. Given a river of uniform width but variable depth, the velocity is related to the depth.</p>
<p>Ms A 57V T3 D5 C.R. 1.4.3</p>	<p>Ogni movimento d'acqua d'eguale larghezza e superficie correrà tanto più forte in uno loco che nell'altro quanto sia meno profondo nell'uno loco che nell'altro.</p> <p>Sezione di un fiume con: $a b - c d - e f - m n$</p> <p>Questa proporzione chiaramente si pruova impero che benché il fiume sia d'eguale larghezza e superficie e non sia d'eguale profondità è necessario che il corso di detto fiume ancora lui sia di diseguale movimento per le ragioni dette di sopra. El movimento suo sia di questa qualità. Poniamo che la figura daccanto segnata sia il fiume dico che in $m n$ sia l'acqua di tanto maggiore movimento che $a b$ quanto $m n$ entra in $a b$ che v entra 4 volte. Adunque 4 tanti sia maggiore corso in $m n$ che in $a b$ e 3 tanti che in $c d$ e 2 tanti che in $e f$.</p> 

<p>4</p> <p>CA 1018R c. 1503-5(365aR) D2-3</p>	<p>"L'acqua che chorre non cosuma tanto il suo fondo quanto essa fa doue dopo tal corso essa si quietta nella sua superfjtie"</p> <p>Examine the notion of "l'elemento non pesa in se medesimo e manco pesa sopra il piu graue dj se" especially with respect to my idea that Leonardo knew better because of the boat sailing in the canal-bridge.</p>
<p>Acqua entro canale in discesa con: n m - e a - b - f d.</p> <p>Discesa d'acqua su terreno gradinato con : a - n</p> <p>L'acqua che chorre non cosuma tanto il suo fondo quanto essa fa doue dopo tal corso essa si quietta nella sua superfjtie.</p> <p>Quel che quj e d'decto achade perche mjinor peso da dj se ciasscuna parte d'acqua corrente sopra il suo fondo che non da la lungheza di tal corso nello obbietto ove perchuote.</p> <p>Pruouasi nella figura quj da parte con co sia che in quanto al peso della acqua <i>a b</i> non sarebbe in <i>b</i> se non per quanto porta lo sspatio <i>a b</i> (ma perche l'elemento non pesa in se medesimo e manco pesa sopra il piu graue dj se) noj concluderemo che tale acqua non consumj il suo fondo per conto di grauitta che attenda al centro del mondo Ma per tanto quanto essa entra nella spera dell'aria come sarebbe il corso <i>a e</i> il quale era con lla sua parte superiore tanto entrato nella spera dell'aria per quanto he la lungheza dello spatio <i>n b</i> e lla lungheza <i>d e</i> per quanto he <i>m d</i>.</p> <p>4 Adunque tutto il corso <i>d e</i> pesa per tanta acqua nel fondo <i>d</i> quanto farebbe vna simjle grosseza d'acqua che s'asstendesi da <i>m</i> ha <i>d</i> onde essendo il peso di tale acqua <i>d</i> in continvo moto contivamente lieua e risalta in alto e poi ricade in <i>d</i>.</p>	 <p>D1</p> <p>D2</p>

4	<p>"Laterale lobliqujta" and river hydraulics</p> <p>The flow to which Leonardo refers here in T1 and T2 seems to be supercritical flow in a straight channel (much like the ones represented with great detail in the Ms C [see Macagno 1988]. At this instance, he seems to confuse the configuration on the surface due to diagonal waves with the water flow; however after some time, he was able to realize the difference between the kinematics of waves and that of the water flow. There is a remarkable drawing in the Codex Arundel (see Folio 23V) showing this distinction.</p> <p>There are several questions which deserve further study in this page. One is the discussion about the elevation of the water which may be correct in spite of the confusion between wave kinematics and water kinematics. At the point where the wave is incident on the wall and it is reflected there should exist an increased elevation.</p>
Ms G 14V T1-2	<p>laterale lobliqujta / dove i fi fiumj / delle acque che senpre si movano per diretti fiumj son di tanta maggiore o mjnore obbliqujta quanto esse acque son di mjnore on magior velocita di chorso. (T1)</p> <p>acqua</p> <p>Lacqua che per diritto fiume disseorre disscende senpre si move per obbliquo corso dal mezzo all argine opposite ed da esse opposite argine al mezzo del fiume Pruovasi per la 9^a di quessto diue dicie (senpre il corso de retti fiumj son piu alti nel mezzo delle lor lagheze e dai lati che in fra l mezo delle lor larghezze e essi lati E cquessto fu provato per la 7^a doue disse (laqua de rettj fiumj mai corre per recta linja perche e tanto piu velocie quanto e ppiu remota dalle argine suo inpedimento E cquessta fv provata la doue dissi (doue sinpedisscie il moto incidente Qujvi nasscie il moto refresso E per la 10 di quessto (senpre in fra l moto incidente e l moto refresso e llinfima bassezza della larghezza de fiumj E per la vndecima (dopo lultima altezza dell acqua refressa si gienera il principio del moto incidente e per la 12^a (non si trassmuta il moto incidente nel moto refresso delle acque senza perchussion del fondo o dell argine del fiume (dove lacqua perchuote il fondo o llargine del fiume quuj si leua terreno del fondo o ddell argine desso fiume (senpre sotto il moto incidente sinnalza il fondo del fiume e ssocto il moto refresso il fondo del fiume restaura la sua altezza. (T2)</p>

4

"Acqua sospinta e acqua tirata"; rivers and flow due to descending level of sea. Other kinds of flow. Analogies

Marinoni: "Le prime note in alto distinguono tra il moto dell'acqua 'sospinta' (dai fiumi nel mare) e quello dell'acqua 'tirata' (defluente, per esempio, della bassa marea) e affermano che simile è il comportamento del vento nell'aria.

"I disegni rappresentano il passaggio di un elemento fluido attraverso una strozzatura. A sinistra tale strozzatura è prodotta da grossi cumuli di nubi attraverso i quali un fascio di linee convergenti rappresenta il vento 'sospinto' mentre fasci di linee parallele rappresenterebbero i venti 'tirati'.

CA 1007V D2-4, D9
c. 1490 (361aV)

In alto sopra i disegni

Il vento a similitudine del movimento dell'acqua

Che differenzia e dà l'acqua tirata e l'acqua sospinta

Acqua tirata si è quando il mare oceano nel suo calare si tira dietro l'acqua del mare mediterraneo

Acqua sospinta si è quella dei fiumi che mettendo in mare sospingono la sua acqua.

Corso d'acqua di crescente larghezza

Guarda i fiumi da fondi lungo l'argine

*Il fuoco è chiamato dal nutrimento e l'acqua dalla bassezza. Il nutrimento è disunito e separato e il fuoco more dove manca il nutrimento. La declinazione delle valli e valli e valli fia il danno (danno?) col corso del fiume finché termina il suo fiume al mare vni verso riposo.

*La declinante pianura terminano il corso dei loro fiumi al mare vni verso bassezza e vni verso riposo dei peregrinanti acque dei fiumi.

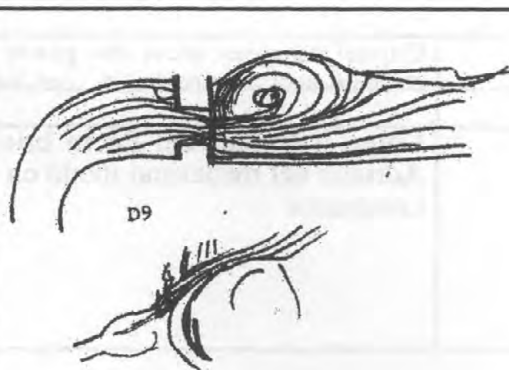
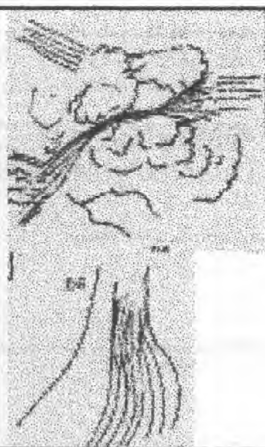
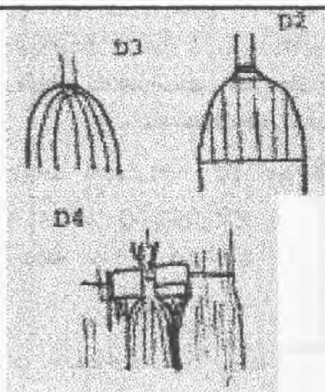
*Se il fuoco è nutrito da legname il movimento dell'acqua è mantenuto dalla declinante pianura la quale termina in lito marino e lì termina il moto dei fiumi.

Togliendo a li uomini tutte le cose atte legier a potere acconspagnare il suo furore e ruinando le gravi 4

L'universale movimento dell'acqua essendo di pari fondo ora tanto maggiore corsia in vno che in altro locho quato il suo peltago o fiume ora più strette le sue argini.

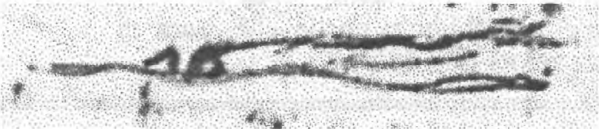
Il fiume di eguale fondo ora tanto più fuga nel (più stretto) là to # che nel più largo locho quanto la minore larghezza entra ne la maggiore.

A word seems to be missing: stretto or stretta



4	" . . e che luno sia dequale larghezza e laltro di larghezze variabili e se tutt e 2 son variabile che le lor variazioni sien disforme e . . " Two steady flows of equal rate of flow in entirely different channels.	
CL 32V 3-13	<p>(Dati due fiumi di pari entrata dacqua le loro uscite saranno equali) cioe dequal quantita dacqua con equal tempo ancora ch e fiumi sien vari in lughezza in larghezza in obbbliquita in profondita variati e che lun sia tortuoso e laltro retto</p> <p>e se luno e laltro sara tortuoso che le loro tortuosita sieno disforme e che luno sia dequale larghezza e laltro di larghezze variabili e se tutt e 2 son variabile che le lor variazioni sien disforme e che lun sia dequal profondita e laltro di profondita variata e se luna e laltra profondita e in se variata che le lor varieta non abbino in alcun caso similitudine e che tutto luno sia uniforme veloce e laltro uniformemente tardo o che la tardita e velocita dell uno sia mista cioe dove corra e dove si tardi dove cascaci lacque a piombo e dove si ringorghino e cosi accadendo infra essi 2 fiumi infinite varieta di corsi di latitudine di longitudine dobbliquita e di profondita non impedira percio che lequale entrata dell uno non sia equale alla sua uscita e che lentrate equale dell uno e dell altro non siano equali nelle loro uscite</p>	

4	Criptic statement about the power of the Po. Maybe it is a comparison of volume the Po can drain vs sea volume.	
CL 27V 34-35	Come il fiume del Po in breve tempo secca il mare Adriano nel medesimo modo ch elli assecco gran parte di Lombardia	

4	" . . essa sempre si va raggirando dalla superfizie al fondo e . . " Secondary flow against boundary.
CL 23V 17-20 D3	<p>Come nel moto dell acque essa sempre si va raggirando dalla superfizie al fondo e massime in quelle che son le prime a dar principio al corso de fiumi che sempre la parte dinanti che tocca il terren si ferma di sotto come si mostra in <i>a</i>.</p> 

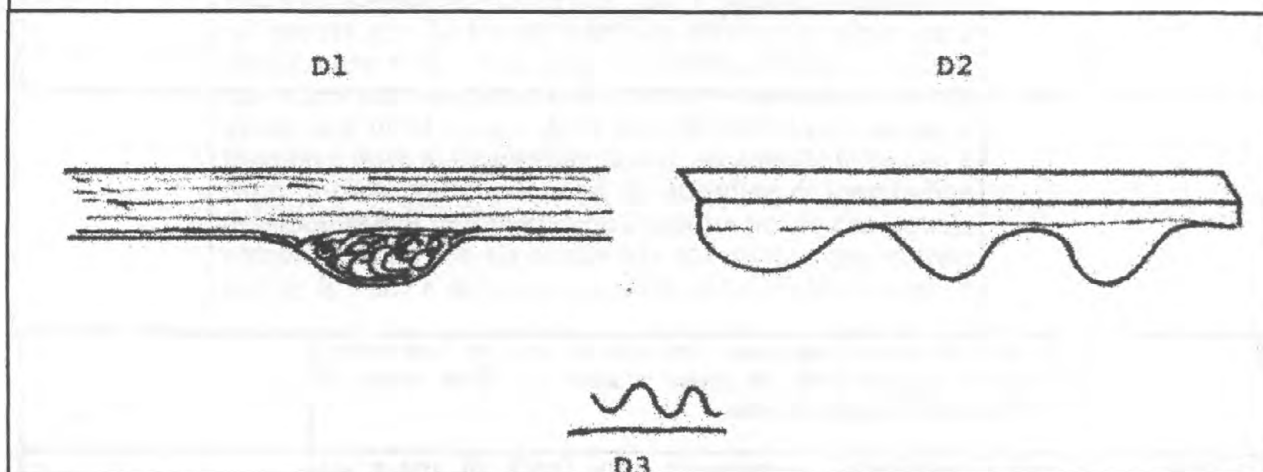
4	" Come e mediterani scopriranno i lor fondi all aria e sol riserveranno il canale al maggior fiume che dentro vi metta . . "Flow pattern of rivers through mediterranean seas.	
CL 20R 17-20	Come e mediterani scopriranno i lor fondi all aria e sol riserveranno il canale al maggior fiume che dentro vi metta il quale correrà all oceano e ivi verserà le sue acque insieme con quelle di tutti i fiumi che con seco saccompagnano	

4	<p>"Infra i corsi dell'acqua di pari obliquità quella che . . ." Flow in rivers and open channels. I have associated T1 and D1, and T2 and D2. D1 can serve to describe either a local increase in width, or a local increase in depth. I do not believe that Leonardo meant that both changes in the boundary would occur simultaneously. D2 shows a rather wavy bottom profile; under certain conditions - not specified by Leonardo - the water surface may not show much of what is underneath. I am inclined to believe that the flow in D1 and D2 is from right to left.</p> <p>One could easily overlook the two lines below T3, but they are very much related to the text; they indicate a straight and a meandering canal. I consider that Leonardo was referring here to the average velocity of flow.</p>
Ms H 87R T1-3 D1-3	


*Quella acqua si voltera in contrario corso la qual preterisce lunjversal largeza e profondita de fiumj. (T1)

L'acqua de qual largeza e disequale profondita sarà de qual moto in superfite. (6-T2)

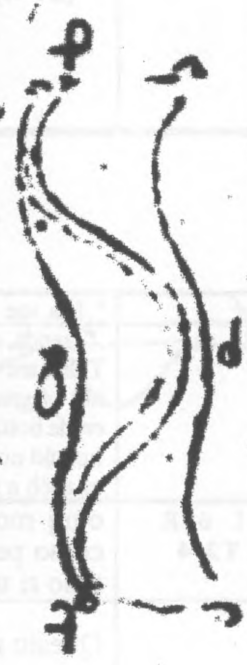
Infra i corsi dell'acqua di pari obliquità quella che sarà di più retto moto sarà più veloce. (7-T3, D3)

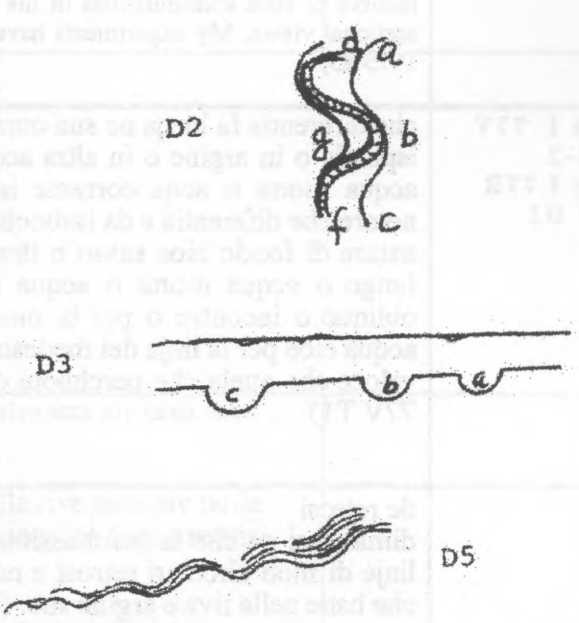



4	<p>"Infra i corsi dell'acqua di pari largezza lunghezza e obliquità quello sarà . . ." Flow in water courses.</p>
Ms H 92V T1-2 D1	<p>Infra i corsi dell'acqua di pari largezza lunghezza e obliquità quello sarà di più veloce corso il quale sarà di maggiore profondita. (2-T1)</p> <p>l'acqua della grossezza .p.m. simoue più presto che altezza .a.n. (T2)</p>
	<p>D1</p>

4	<p>"lacqa che . . . de fiumj si uoltera contro al suo primo corso." Nonuniform flow in rivers. The block T2 D2 is very similar to T1 D1 in Ms H 87R, but here it seems that Leonardo was considering an expansion in the boundaries extending all around, a situation which should produce a half of a captive annular eddy (see Macagno 1967).</p>
Ms H 87V T2D2	<p>lacqa che per profondita e llargeza preterisscie lunjversale largeza e profondita de fiumj si uoltera contro al suo primo corso.(5-T2)</p> 

4	<p>" Ma sse fivmj fussino diritti chonn equale largeza e profondita e obliquita tu troveresti che . . .Trends, change and variety of slope, and flow, in rivers There are a few inconsistencies which I did not try to correct, although it is obvious that they are not of great importance. The only serious one is that if the waters become sluggish they would erode bottom and banks (see end of T4). I could not make a good conjecture about why Leonardo would say this, unless he was thinking of such a reach becoming open to strong attack in certain places in periods of high waters..</p>
Ms I 68R T1, T2-4	<p>ognj moto nnaturale e continvo desidera conseruare suo corso per la linja del suo prencipio coe in qualunce loco esso si uaria domando principio. (T1)</p> <p>Questo moto sopra detto acchade nel corso de fiumj i qualj senpre combattono e consumano quanlunque cosa si contrapone alla rettitudine del loro corso. (T2)</p> <p>Ma sse fivmj fussino diritti chonn equale largeza e profondita e obliquita tu troveresti che in ognj grado di moto esso acqujssterebbe gradi di uelocita. (T3)</p> <p>onde sendo in esso mvtatione over varietà di obliquita e vi fia varietà di corso e dove manco corre in equele latitudine piv si profonda in equele obliquita dove piv sallarga piv si tarda onde lacque che desideravano diritto corso e in ognj parte di moto farsi piv veloce trovando i logi donde passa piv largh e profondi essa si tarda e ronpe l fondo e largini. (T4)</p>

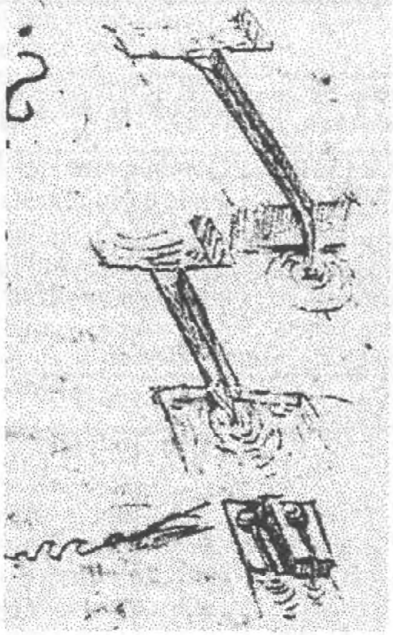
4	"Il corso di quell acqua sara piu briue e ueloce infra le sue arginj i la qual . . ." Rate of flow and shape of rivers course.
CAR 30R D1	<p data-bbox="297 370 1059 439">Il corso di quell acqua sara di piu lungo e ttardo corso infra l argine sue la quale fjara di mjnore quantita.</p> <p data-bbox="297 465 1059 534">Il corso di quell acqua sara piu briue e ueloce infra le sue arginj i la qual fia di magore abundantja.</p> <p data-bbox="297 560 1059 753">Seguita per quesste due conclusionj che sse allj fiumj sara dato al continuo abundantia d acqua che lli corsi de fiumj fien al continuo piu dirittj e per conseguenza si uerano approfondire e ffarsi capaci delli gran diluuj che sspesse uolte acagian e lle vicine possessione non sara disfatte da essi corsi.</p> <p data-bbox="297 780 1059 953">Vedi quj <i>abc</i> argine essere assaj piu briue che l corso dell pochi acqua <i>dbf</i> adunque e uero che l detto di sopra coe che sse l fiume enpiessi le sue arginj che l suo corso sarebbe piu diritto e men ruina darebbe alle sua arginj.</p> <p data-bbox="297 979 1059 1237">Le inondatione de fiumj trouando le globbosita dell arginj (fattj dallj picholj e deboli corsi delle loro poche acque) in quelle con gran inpeto perchuotano e risaltano dalle opposite riuie facciendo in quel le nuoue ruine perche non seguano le torture delle piccole acque ronpano li opostj cobbi d esse arginj speso si gittan nelle campagne vicine facjendo in quele diuerse concaujta e al fine ui dirizano il lor corso lasscando il loro antico letto.</p> <p data-bbox="297 1264 1059 1332">Il fondo del fiume fia tanto piu equale quanto la inondation dell acqua sara piu grossa.</p> <p data-bbox="297 1358 1059 1427">Il fondo del fiume sar tanto piu vario quanto i lluj fia men quantita d acqua.</p> <p data-bbox="297 1453 1059 1739">Quel che e detto achade perche nelle grande inondationj de fiumj tute le concaujta del suo letto si rienpiano di rena e altra materia la qual ui rimane perche essa acqua ingrossata s e ffatta piu veloce onde non si po piegare a ricercare le concaujta fatte da piccoli corsi dell acque che eran basse nelle qualj l acque si ritardano insina ttanto che lli collj interpossti infra esse concaujta son sosspintj dalla percussione della inondatione e cosi si uiene a rienpiere esse concaujta.</p> 

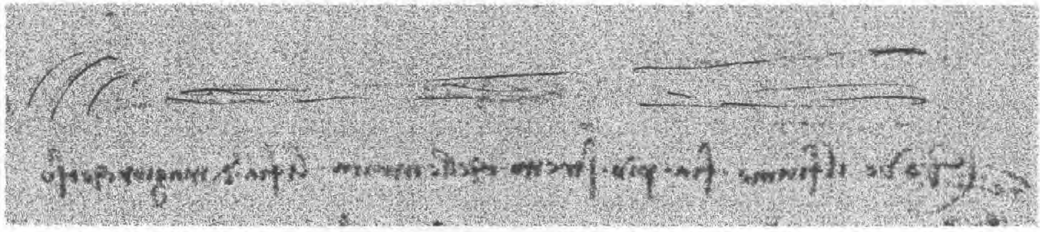
<p>4</p> <p>CA 910V</p> <p>c. 1502-3 (334V)</p> <p>D2-3,5</p>	<p>"Quel corso dell'acqua occuperà più lungo letto sarà di più lungo moto il quale avrà più tardo movimento. "Fluvial hydraulics: length of river, discharge, floods.</p> <p>Marinoni: "Prima parte . . . scienza dei pesi . Nella terza colonna si parla dei fiumi, del rapporto tra la loro lunghezza e la quantità della loro acqua, delle conseguenze della loro inondazioni."</p>
<p>Colonna sinistra</p> <p>*El corso d un medesimo fiume occuperà più lungo letto e per conseguenza fia più lungo cammino il quale riceve in se minor quantità d acqua</p> <p>Acqua</p> <p>Quel corso dell'acqua occuperà più lungo letto sarà di più lungo moto il quale avrà più tardo movimento.</p> <p>* E quel sarà più breve del quale il moto dell'acqua fia più veloce</p> <p>*Sequjta per queste 2 conclusionj che sse allj fiumj sarà multiplicata al continuo le acque che lor corso sarà più diritto.</p> <p>Figura di fiume tortuoso: d a - g b - f c</p> <p>*Mostrasi quj il fiume a d b g c f essendo pieno che sarebbe molto più breve che l corso d b f che è poca acqua in tanta larghezza di fiume.</p> <p>*Le inondationj de fiumj son causa che essi fiumj esscan de lor lettj e ffano diuerse concaujta per le quale osseruano il lor corso dopo tale inondatione e llassciano il loro anticho letto.</p> <p>*(Disopra ho uoluto dire che) nel fondo de fiumj sarà tanto più piano quando la inondation del fiume sarà più grossa.</p> <p>*Il fondo del fiume fia più vario nelle sue profondita il quale avrà in se men somma d acqua.</p> <p>Tra due figure di fiume: c b a</p> <p>* Il fondo del fiume essendo grosso sarà assai piano come si monstra ne 3 golfi over chonchajta a b c le qualj si riempiano di rena.</p>	 <p>D2</p> <p>D3</p> <p>D5</p>

4	<p>" che differentia fa lacqua ne sua corsi da perchotere i sua latj in ispiagia o in argine o in altra acqua cioe a passare per vna acqua morta o acqa corrente in traverso." Questions about diverse factors in fluvial flows.</p> <p>Note that 77R T1 D1 is the continuation of 77V T2. The text 77VT2 - 77R T1 may be related to a detail in 86V D1 where the first jet falls into the pool of water and makes waves around it. The phenomenology of jets falling into a pool is complex, and many different configuration result from such an impact. Leonardo depicted a number of such configurations in his notebooks, both in plan views and in longitudinal cross-sectional views. My experiments have shown that most of them are quite realistic [Macagno 1975-85].</p>	
<p>Ms I 77V T1-2 Ms I 77R T1 D1</p>	<p>che differentia fa lacqua ne sua corsi da perchotere i sua latj in ispiagia o in argine o in altra acqua cioe a passare per vna acqua morta o acqa corrente in traverso. E ancora si de notare che differentia e da issbochare un fiume sopra diuerse nature di fondo cioe sasso o tterra o tufo o creta o rena o fango o acqua morta o acqua corrente in trauerso o per obliquo o incontro o per la medesima linja con medesima acqua cioe per la linja del medesimo corso ma piv tarda o piv veloce che quella che perchute o piv piana o piv obliqua. (77V T1)</p> <p>de retrosi dimandasi perche la perchussione dell acqua infra llacqa fa linje di moti circolari retrosi e non salta diritto come laltra. che batte nelle rive e argine sue. (77V T2 - 77R T1)</p>	

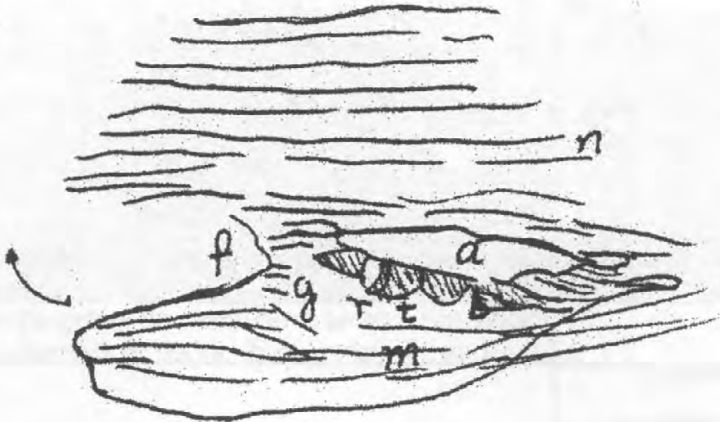
4	" Quella parte del liquido sara piu veloce ch e piu ujcjna . . ."Velocity variation near boundaries. I would interpret that water in an open channel is faster close to the air than close to the bottom, although the literal translation would contain less information.	
CAR136R 137-V	Quella parte del liquido sara piv veloce nel suo moto la quale e piu remota alla confregatione piv denso di luj. Quella parte del liquido sara piu veloce ch e piu ujcjna alla confregation di (corpo) piu raro di luj.	

4	" lacqa che chore presso al fondo e alle rive sara piv tarda chell . . " Flow near bottom and banks is slower .	
Ms H 77V T1, T3	lacqa che chore presso al fondo e alle rive sara piv tarda chell altra per chaua delle percussionjche fanno retrosi. (T1) tutti i moti violenti quanto pivsi partano dalla lor causa piv indebolisscano. (T3)	

<p>4</p> <p>CL 14V</p> <p>1- 4 D1-3</p>	<p>"E quel fiume sara di disequal corrente ancora ch elli abbia . . ." Flow in rivers of different geometry.</p>
<p>Se saran 2 fiumi dequale profondita e obbliquita e lunghezza quello versera piu acqua che ara piu caduta nel suo fine.</p> <p>Quel fiume che sara diritto fia per tutto di corso equale che ara caduta nel fin del suo corso essendo dequal obliquita e largehezza.</p> <p>E quel fiume sara di disequal corrente ancora ch elli abbia retitudine latitudine e obbliquita equale il qual sara ringorgato nel suo fine.</p>	

<p>4</p>	<p>"Dove il fiume fia piu stretto che lentrata li fia maggior corso".</p>
<p>Ms A 25R</p> <p>T2 D2</p>	<p>Dove il fiume fia piu stretto che lentrata li fia maggior corso. L acqua che si trova dinanzi alli stretti lochi de fiumi alza la sua superfizie e corre con furia per lo stretto al fine del qual corso ripercuote in quella di piu tardi moto la quale trovando alquanto di resistenza si muta in circolari movimenti e combatte e rode le traverse ripe</p> 

4	" Dentro alle stretture o sostegni de fiumi lacqua . . ." Varied flow in irregular river channel .	
CL 24V 32-35	Dentro alle stretture o sostegni de fiumi lacqua si <u>tarda</u> e in quelle e dopo quelle per alquanto spazio restora la sua passata tardita colla velocita del moto suo. Quell acqua si fara piu tarda che al fine del suo corso procede per piu lunga via . . .	

4	" Quando l acqua <i>n</i> monta sopra il colle <i>a b</i> essa acqua si diujde . . ." Flow around and over an elevation of the bottom of a river.	
CA 211R D3	<p>Figura con le lettere <i>f - g - r - t - n a b m</i> Quando l acqua <i>n</i> monta sopra il colle <i>a b</i> essa acqua si diujde sopra esso colle e ccore meza di qua e meza di la onde esso colmo riman tagliente e ffassi e promontori <i>t r</i> di qua e non di la perche di la in <i>a</i> vengano londe e guastano quegli che erano principiatj e in <i>b</i> non achade cosi perche l acqua che uiene nel suo pelago <i>m</i> fuggie per <i>g</i></p> 	

4
Ms A 24V
T2,4 D2,4

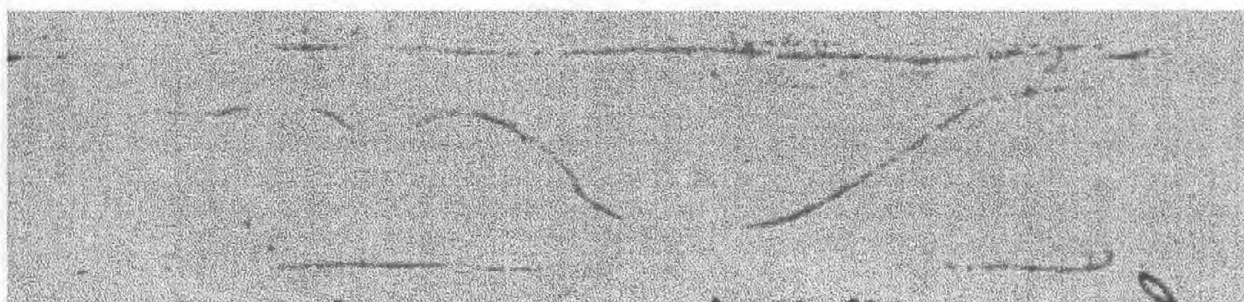
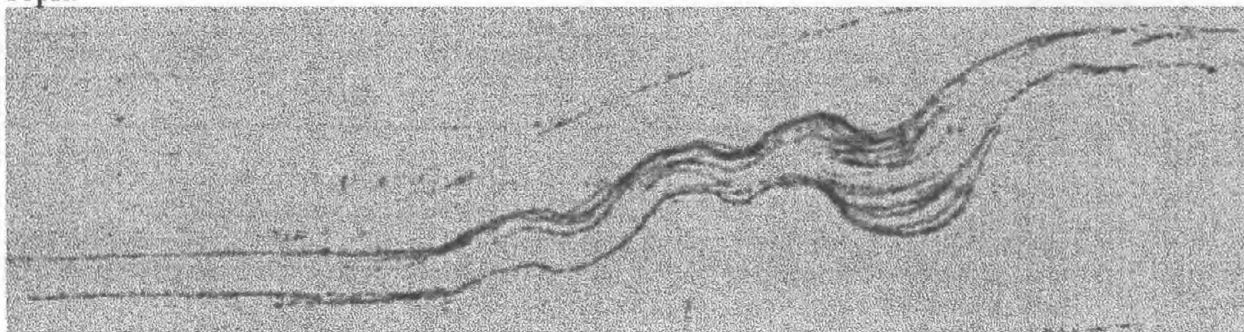
" L acqua che con declinante e movimento discendera sopra grobbuloso fondo fia . . . "
Over an undulated bottom the water may flow with different shapes of its surface.

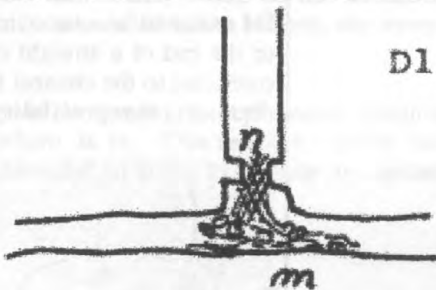
Discesa d acqua su fondo ondulato.

L acqua che con declinante e movimento discendera sopra grobbuloso fondo fia di piu veloce corso in superfisie che di sotto


Superficie plana dell acqua sopra fondo ondulato

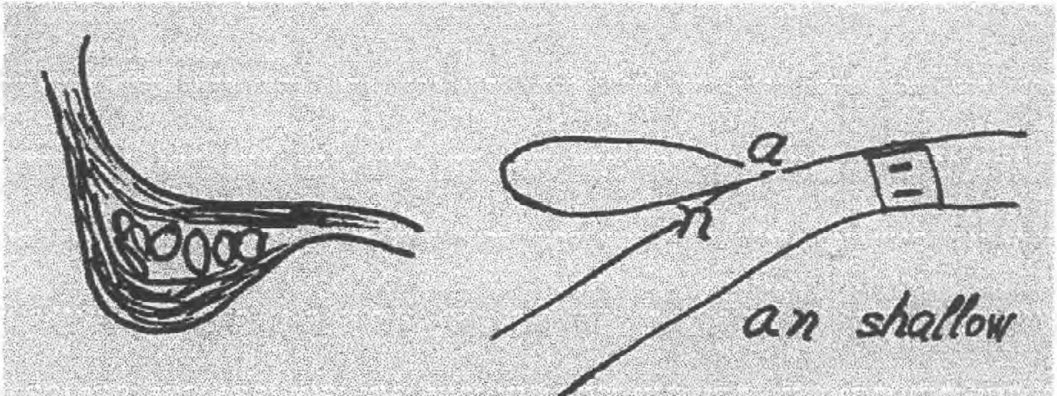
L acqua di globbuloso fondo e di plana superfizie si movera con piu velocita in fondo che di sopra

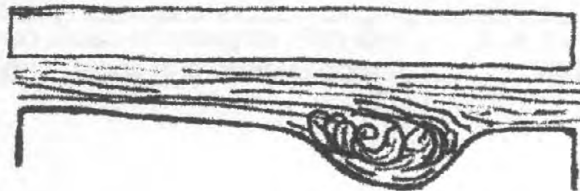


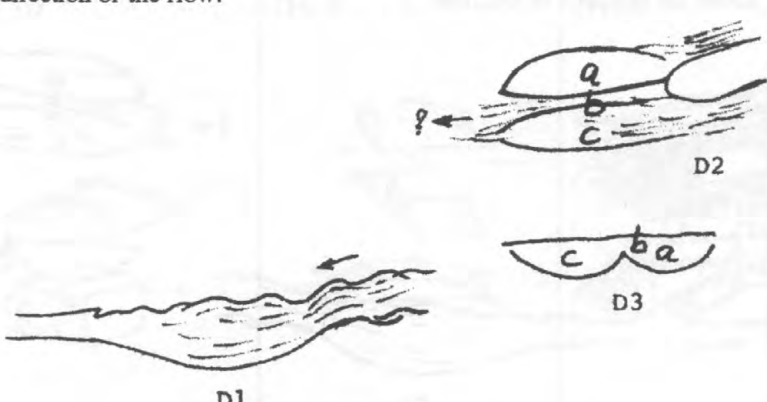
4	" se vn fiume percote col suo retto corso nella contraposta argine . . ." Impact of a water current on one of the river banks	
Ms I 122R T1 D1	se vn fiume percote col suo retto corso nella contraposta argine infra 2 angoli rettj e ssi uoltj a destra e parte a ssinistra la linja del moto si uoltera tanto piv torta a destra che a sinistra quanto la parte destra si muovera piv presta coe <i>nm.</i> (T1)	

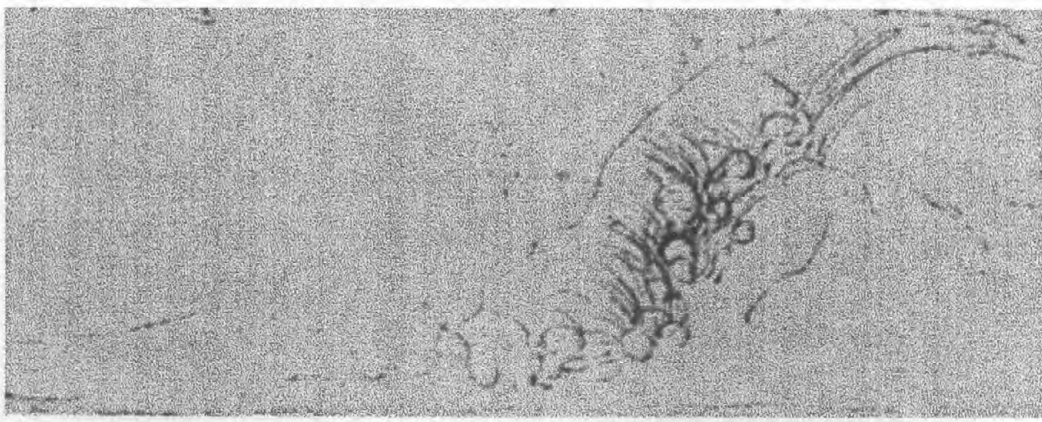
4	" I corso del fiume a due principali refressionj delle quali . . ."Principal reflections in a river. .	
CA 227V c.1515	<p>de diluvij de fiumj</p> <p>I corso del fiume a due principali refressionj delle quali l una e dal fondo alla superfitie al di (mistake not cancelled ?) e ll altra e da l una all altra riva e ss elle s iscontra l una nell altra senpre l enpito del percussore se congiugnje al perchosso E ss el perchussore e ddi magiore quantita che lla cossa perchossa allora vna parte del magiore che ssia equale a tutta la chosa perchossa refrettera in dirieto e ll altra seguitara il suo primo moto incidente e cquessto o provato al locho suo.</p>	

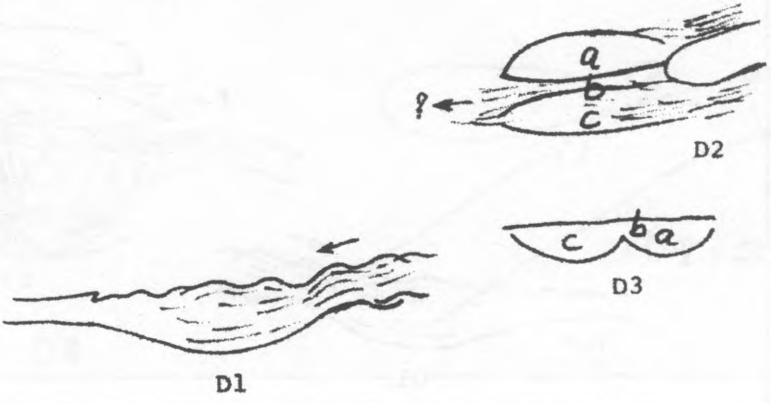
4	"Vedi nelle piegature de canali dove lacqa e piu veloce . . ." Flow in bends. Velocity distribution.	
Ms F 65R T2D3	Vedi nelle piegature de canali dove lacqa e piu veloce di sotto in mezo o di sopra E di questo fa un libro. (T2)	

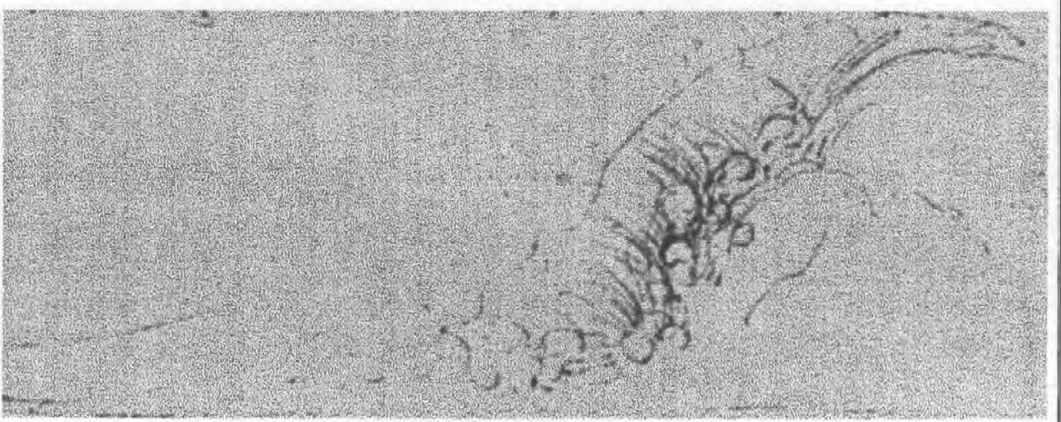
4	Drawings of bends in river and channel.
Ms H 34V D3-4	<p>D3 appears to represent flow in a fluvial bend with a central deposit of coarse granular material, which seems to emerge from the water. A similar drawing is in Ms H 46 D3.</p> <p>D4 seems to be a bend in a channel or a river with some control structure either at the beginning or the end of a straight reach. The loop drawn on the outer side of the bend may be a pool connected to the channel through an opening of little depth, or perhaps the entire pool is of small depth. Another possibility: water has eroded a bit the bank and an oval region has been flooded.</p>  <p style="text-align: center;">D4 D3</p>

4	<p>Flow in hollow adjacent to current.</p> <p>The drawing D1 is a better statement than the statement T1, which needs some improvement, because an expansion in a flow, localized as the one shown, has a circulation flow which is driven by the main flow; only part of it flows in opposite direction. D1 could serve to illustrate either the case of an expansion at the bottom or on the side of a canal or a river.</p>
Ms H 68V T1D1	<p>Lacqa che preterssce lunjversalpro llargeza d fiumj si move in contrario moto (23-T1).</p>  <p style="text-align: center;">D1</p>





4	Drawings of fluvial flows.
Ms H 51R CV D1-3	<p>D1 shows a flow over a bed with a big scour hole; there are relatively large waves at the interface water-air. Upstream, I see some waves at the interface earth-water, which do not correspond exactly to those at the interface water-air; there seem to be some attempt to indicate the internal flow also.</p> <p>I see D2 and D3 related as a plan view and a cross section of the same flow and erosion situation. I see two scour holes in .a. and .c. separated by a ridge where .b. is. This seems to me the flow downstream from an obstacle or an island, and I have included an arrow to indicate my opinion about the direction of the flow.</p> 

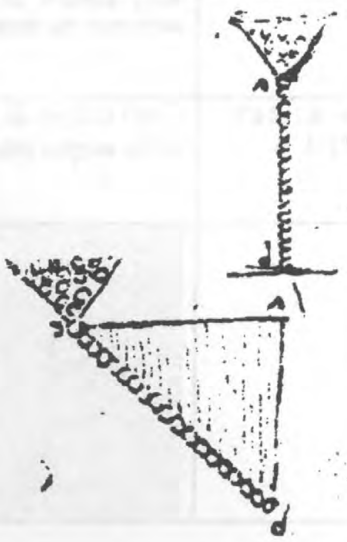
4	" L acqua in molte e varie percussione . . . manda di se gran parte in sottile nebbia . . " Spray of water in torrential (?) stream.
Ms A 25R T4 D4	<p>L acqua in molte e varie percussione fatte da lei pe ruinosi corsi delle spiagge manda di se gran parte in sottile nebbia</p> 


4	Drawings of fluvial flows.
Ms H 51R CV D1-3	<p>D1 shows a flow over a bed with a big scour hole; there are relatively large waves at the interface water-air. Upstream, I see some waves at the interface earth-water, which do not correspond exactly to those at the interface water-air; there seem to be some attempt to indicate the internal flow also.</p> <p>I see D2 and D3 related as a plan view and a cross section of the same flow and erosion situation. I see two scour holes in .a. and .c. separated by a ridge where .b. is. This seems to me the flow downstream from an obstacle or an island, and I have included an arrow to indicate my opinion about the direction of the flow.</p> 

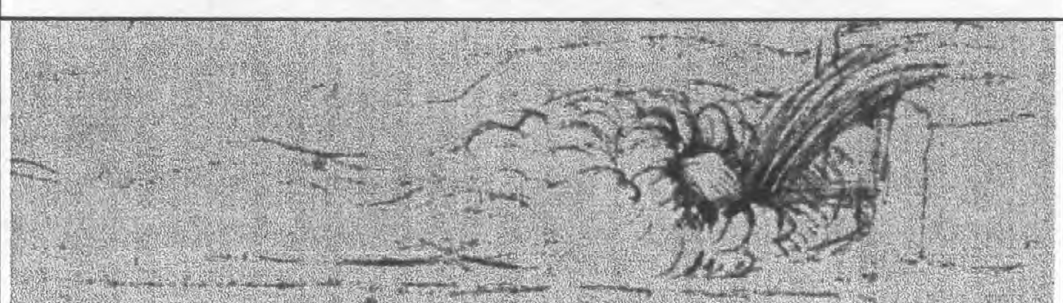
4	<p>" L acqua in molte e varie percussione . . . manda di se gran parte in sottile nebbia . . " Spray of water in torrential (?) stream.</p>
Ms A 25R T4 D4	<p>L acqua in molte e varie percussione fatte da lei pe ruinosi corsi delle spiagge manda di se gran parte in sottile nebbia</p> 

4.6

4	" La scienza di questi obbietti e di grande utilita perche . . . " The note is about the flow around different objects in a river, but for one only the flow around the object is shown.		
CL 15V 56-57 D1-14			
La scienza di questi obbietti e di grande utilita perche essa insegna piegare li fiumi e schifare le ruine de lochi da loro percos			
D11-14	D8-10	D5-7	D1-4
			

<p>4</p>	<p>" Quella quantita del moto trauersale che finjssce l ipomejssa all ortogonjo chade perpendicularmente con . . . " Fall of body from surface to bottom of river. See CAR 120 V, 1.4.4.6 for granular jet which may be the model for this passage.</p>	
<p>CAR 120V</p> <p>D3</p>	<p>Se l corso del fiume a velocita di 4 gradi el sasso che dalla superfite al fondo delle sue acque discende con uelocita di 4 gradi tal fia</p> <p>Quella quantita del moto trauersale che finjssce l ipomejssa all ortogonjo chade perpendicularmente con tutte sue particule sopra tutte le praticule d essa ipotemjssa continva o discontinua.</p> <p>Figure (D3) gradi 4 di uelocita fiume corrente gradi 4 di uelocita</p>	

4	" Delli obietti d equal grosseza postj con equal obliquj in acqua . . ." Effets due to bodies implanted in a river flow.	
CAR 230V D1-2	<p>Di quello obbietto cholumnale che auanza for dell corso sara ocupato magor parte dal quale la sua obbliguita sara piu simjle all acqua a cqualla dell acqua doue si troua</p> <p>Quella parte dell obietto che supera il comun il corso delle acque sara piu ochupato dal corso de sse a dal balzo dell acqua che l percote del quale la sua obbliguita fia piu simjle alla obbliguita della detto corso de ll acque</p> <p>Delli obietti d equal grosseza postj con equal obliquj in acqua d equal poj le obbliguita e per linia et transversalmetente a l corso del fiume e con varie obbliguita inclinatz al argine de l sso fiume quel che fia piv obliquo ringorgera piu acqua a esso corso</p> <p>De le obbliguita d equal grossezza poste inequale obbliguita d acqua e inclinanti inverso l una dell arginj con equale obbliguita quella ringorghera piu acqua che per la linja del corso del fiume fia piu obbligua.</p>	

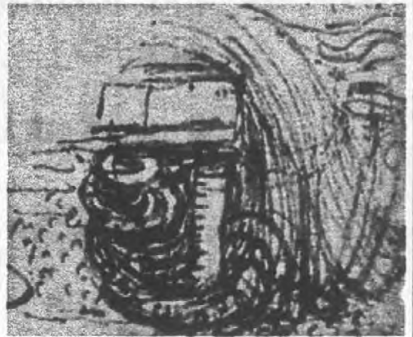
4	" Quel corpo di lieve qualita il quale si trovera in fra la percussione e la risaltazione . . ." Floating body captive in waterfall eddy ". I witnessed, from my office in IIHR, thirty years ago, a strong swimmer be drowned because of the effet here described by Leonardo.	
Ms A 24V T3D3	<p>Quel corpo di lieve qualita il quale si trovera in fra la percussione e la risaltazione delle acque mai mutera sito stando il fiume d equale movimen</p>	
		


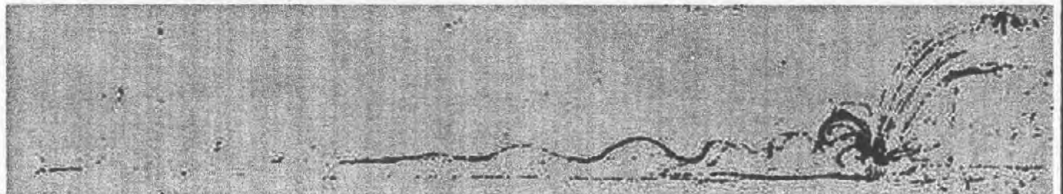
4

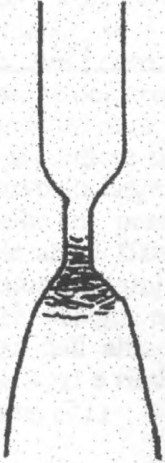
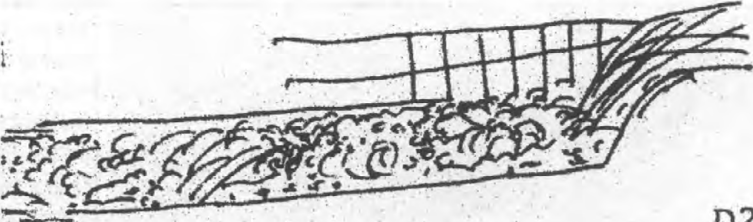
RL

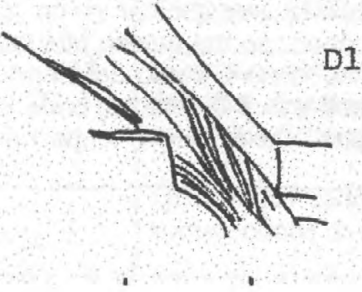

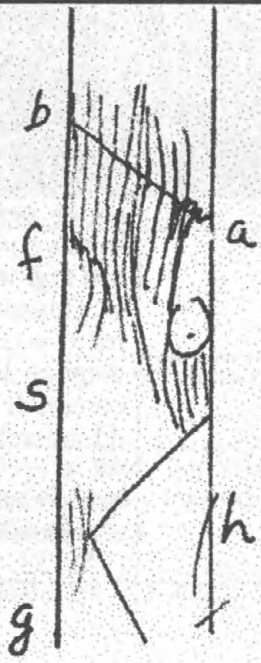
OBSTACLES IN RL WINDSOR

4.7

4	" Come fa lacqua che cade delle sue argini e percote il fondo . . " Question about flow of water falling on the river.	
CL 22R 9-11 D1	Come fa lacqua che cade delle sue argini e percote il fondo e risalta dintorno a lochi percossi per quelle vie dove trova acqua di minor potenza di lei la quale abbia a ciedere allo incominciato impeto	

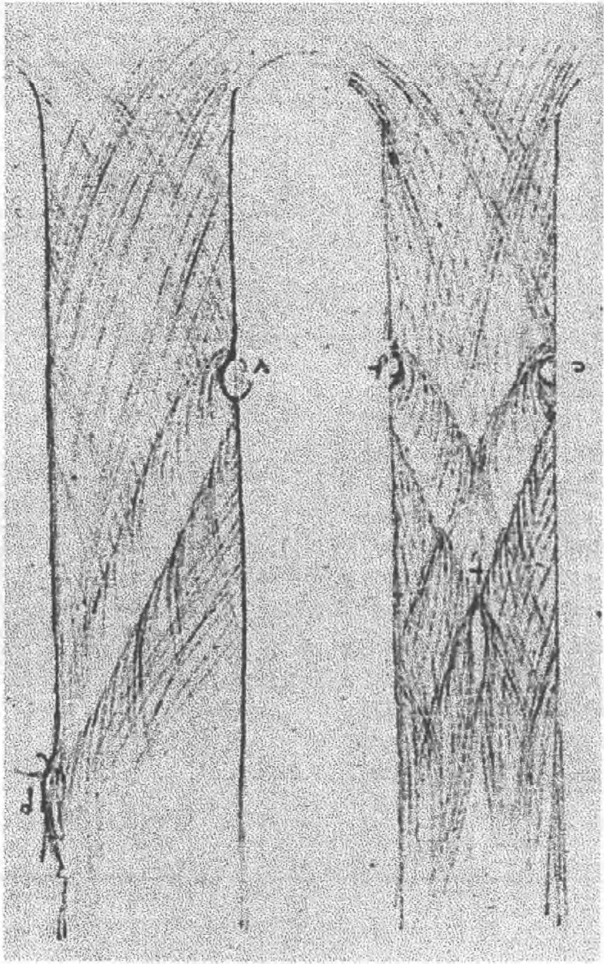
4	" Lacqua che con declinante corso ferira per linea traversa sopra la piana superfizie dell altra acqua . " Jet or nappe falling in pool.	
Ms A 25R T1,3 D1,3	Lacqua che con declinante corso ferira per linea traversa sopra la piana superfizie dell altra acqua seguira il principiato corso per retta linia sino al fondo. Facendosi coverchio della percossa acqua fara maggior corso di sotto che di sopra. Quel acqua saltera piu sopra al suo naturale piano la quale fia piu visina alla sommersione di quella che cade sopra laltra acqua.	
		
		

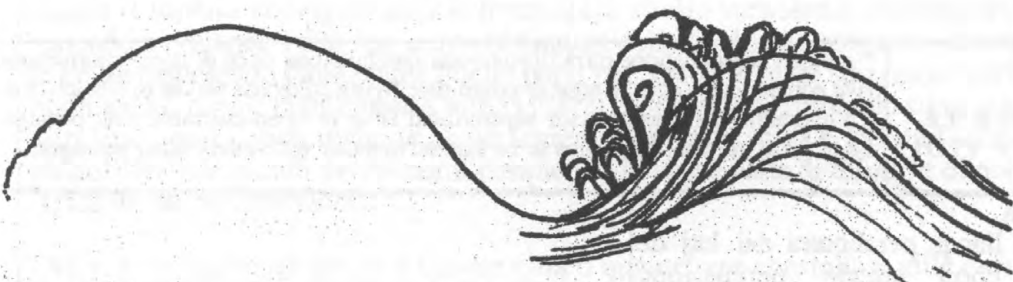
4	<p>" sse lla caduta sara dequale largeza del fiume lacqua che percote il fondo . . " Currents at waterfall.</p> <p>75R T3 D2 has been included with 74V in the preceding page of this monograph, because the text begins here and continues there.</p>
<p>Ms I 75R T1-2 D1 T3D2 Ms I 74V T1</p>	<p>fassi tale profondita nell uscire della strettura e entrare nel largo. (T1)</p> <p>Quando il corso vnjversale de fiumj saranno ristrettj per lusscire delle valj e entrare per le tagliature de montj allora lacqa singorgera nella largura e ffara gran calo e moto per detta strettura di monti e passato il mezo di tale strettura fara gran concavita e rientrato poi alla largura mancherà la profondita in tal proportion quanto cresciera la largura in modo e ffieno dequal corso e la profondita mancherà che detta dopo il balzo .delle acque perche rienpiera di giara sotto la maggiore eleuantjone del salto delle acque dette. (T2)</p> <p>sse lla caduta sara dequale largeza del fiume lacqua che percote il fondo risaltera e poi ricadera / per ognj linia partendosi dal cietro del surgimento e quanto piv disciende di tal surgimento piv salarga e parte si move per lo corso del fiume onde he neciessario ce facci 3 motj i quali luno ellaltro e gran consumamento del pie dell argine perche quello che disciende dell alteza del surgimento si gitta in verso il fondo e perche tal disschienso he hobliquo esso acquista di moto in verso il fondo dell argine e perche esso disschienso seguita in parte lunjversale moto del fiume esso surgimento cade per disschienso triplicato per moto luno in giv laltro - verso la riva laltro verso il corso del fiume e tutte 3 consumano il pie del argine per lo maggiore leuamento che ffarsi possa per altrettanto inpeto inpero che ssel fiume coressi di lungo cossteggiando tale argine esso potrebbe trovare qualche pietra che difenderebbe in alcuno logo vn pezo di tale argine dopo se ma questo tale moto va in giv in verso il fondo i la vero largine in basso verso il corso del fiume in modo che ciasscuna pietra e percossa da tre diuersi moti e da 3 diuersi latj onde e neciessario che ssel tereno e atto a essere consumato che in breve tempo ruinj. (75R T3, 74V T1)</p>
<p>D1</p> 	 <p>D2</p>

<p>4</p> <p>Ms I 73V T1D2, D1</p> <p>Ms I 74R T1D1</p>	<p>" Le cadute over motj cadentj di disciesa trasversale al fiume e . . " Flow in waterfalls and dams.</p>
<p>Le cadute over motj cadentj di disciesa trasversale al fiume e quella che ronpe largine come si dimostra in <i>ab</i> e detto moto ronpe in <i>f</i> il tereno e levato e sscaricato le sue pietre grosse in <i>S</i> e lle mjinorj in <i>h</i> el tereno grosso o rena in <i>g</i>. (73V T1)</p> <p>Saranno chavate sotto l argine a vso di subita caverna overo grotta (T1)</p>	
<p>Ms I 73V</p>  <p>D1</p>	<p>Ms I 74R D1</p>  <p>D2</p> 

4	<p>"perche i bollori non sono continvi essendo le cadute continve ." Ramdomness of currents and "bollori" at waterfall.</p> <p>T2 contains a discussion which is very close to the basic notion of one of the modern considerations about instability. If we have balance ('in bilancia'), i.e., equilibrium (static or dynamic), a disturbance may be able to throw the behavior of a mechanical system into one or another path.</p> <p>I believe that what Leonardo wanted to say was that the flow downward, due to the waterfall after eroding the bottom, comes up with somewhat less momentum than when going down, but still enough to produce the boils.</p>
Ms I 77R T2D1	<p>perche i bollori non sono continvi essendo le cadute continve la cavsa e che llacqua che cala e corre di sopra e piv leloce che quella che chore di sotto e quando quella di sotto ruina in qualche tonba ella si leva quasi chol medesimo inpeto verso la superfitie e alcuna volta vincie e passa lacqua che corre di sopra e alcuna volta e vinta da quella e cosi stando in bilancja per potentia di moto alcuna volta vincie luna e alcuna volta laltra. (T2)</p> <div data-bbox="972 499 1191 802" data-label="Image"> </div>

4 Ms I 71R T1D1	<p>" qui nasscie i bollorj over risaltameti dacqa in mezzo de superiori retrosi e . . ." "Bollori over risaltamenti" at water fall. Origin of vortices.</p>
<p>qui nasscie i bollorj over risaltameti dacqa in mezzo de superiori retrosi e ssi domande se l moto de ritrosi nasscie per correre in verso la percussione dell acqua ch e piv bassa che in alcun altra vicina parte overo che lo sspingere dell acqua corente nel mezo della largeza della superfitie sia quella che percotendo nell altre acque le alzi e ffacia tale colle chell altra acqua poj tornj in verso lentarata sua nel pelago overo sell acqua percossa dall altra acqua corente e premvta scizi e risalti nel loco donde la corente. (T1)</p>	

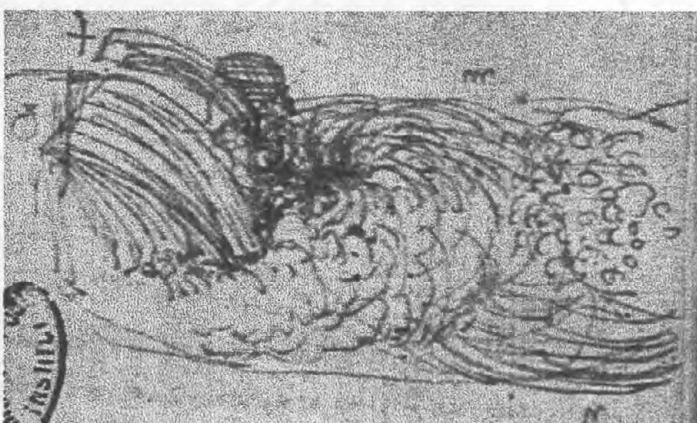
4	<p>" sell acqua perchotera i nell opositione .a. ella risalera in nell argine .b. e llj ruina e guastera quella parte che . . " Obstacles generate diagonal waves in channel</p> <p>T1 D1,2 is beautifully illustrated, but Leonardo is still confused about material motion and form motion. This makes the task of translating a difficult one; I have chosen to make sure that the confusion is preserved as well as possible. As I have strongly expressed more than once, scholarly work on passages like this must be done using only the original Italian text and drawings. Further study is necessary to assess correctly what Leonardo said here that was free from error. I tend to believe that in T1, we will come to the conclusion, that all was quite acceptable, except the notion that the diagonal lines in D1,2 are currents instead of waves in a flow with a Froude number larger than one.</p>
<p>Ms C 24V T1D1-2</p>	<p>sell acqua perchotera i nell opositione .a. ella risalera in nell argine .b. e llj ruina e guastera quella parte che ricieve la perchussione. E sse uoj a questo difecto riparare leua via j locho doue perchote lacqua in .a. Oueramente tu meteraj a riscontro ad .a. vn altra simile chosa ad .a. doue llacqua possa perchotere chome si dimostra in .c.d. e i chorsi dell acque risaltantj si chonteranno e ssi ronperanno luna laltra nel mezo del fiume i nel punto .f. onde la perchussione dell acqua essendo prima indebolita per lo suo ronpimento non potra fare dannjficacione all opposita riva (T1)</p> 

4	<p>"De fiumj". # After an initial time of confusion, discovered that there are two different motions: that of the wave (propagation of a form) and that of the the river (the water flow). Marinoni: "Le onde nei fiumi si rompono contro lo stesso corso del fiume, quelle del mare contro all'acqua rigettata dalle rive."</p>
CA 980aR c. 1515 ? (354bR)	<p>De fiumj Profilo di onda che si frange Chade l acqua per qualunque linia del colmo della sua onda e piv si move veloce dove tale caduta e manco obbliqua e piv si ronpe in isschiuma dou ella trova piv resistentia.</p> <p>Adunque per quel ch e detto (i fiumj)# l onde ronpano contuo (contro ?) al corso del fiume e non maj pel uerso del suo corso perche l acqua cadente sopra la corente non po generarsi balzo sopra la cosa che fuggie e no ricieue perchussione Ma dall oposita caduta di uerso il corso dell acque l acqua cadente dell onda contro al corso del fiume non troua acqua che ffuga tal perchussione ma si fa incontro a ttal caduta onde essendo la caduta dell onda di 4 gradi di uelocita e ll acqua che le uiene in contro di 4 altri gradi di uelocita e ujene la perchussione dell onda a essere fatta in 8 gradi di uelocita e pero l onde de fiumj ronpan chontro alla lor corente e quella del mare ronpe contro all acqua che rifugie dal lito oue perchosse e non contro al uento che lla sipgnje.</p> 

4	River waves break differently from those of the sea.	
CL 17V 31	Come londe marine rompano in contrario aspetto a quelle dell onde de fiume.	

4	" . . l onda pò caminare in contrario moto al moto del fiume". Waves can propagate upstream in rivers. Leonardo knew that they can be stationary also. I do not recall that he observed the third case, but it would silly rally to think that he did not know that.	
CL 6R 1-2	In un medesimo tempo l onda po caminare in contrario moto al moto del fiume e per infiniti diversi modi l un sopra dell altro	

4	" Perche londe de fiumi sono curve . . " Properties of (stationary ?) waves in rivers.	
CL 12V 28-30	Perche londe de fiumi sono curve cosi per latitudine come per la loro altezza a uso di scorza di pina. Perche londa del fiume a il suo intervallo piu concavato nel mezzo che nelli sua stremi.	

4 Ms I 106R T3 Ms 105V T1D1	" e ffaran tale ondatione infra l loro nvoua perchussione onde di novo ritorneranno in verso le rive equalmente e cquella aqua di piramjdale figura Diagonal waves in a reach of a river. To hydraulicians familiar with supercritical flow in open channels, this passage must surely be of great interest, but it has to be studied together with many other passages.	
dell acqua poi che llacqa perchotera dai latj de ffiumj chon equale percussione trovando qualche parte del fiume piv stretta essa balzera in verso il mezo del fiume e ffaran tale ondatione infra l loro nvoua perchussione onde di novo ritorneranno in verso le rive equalmente e cquella aqua di piramjdale figura che ssi rinchiude infra la prima perchussione fatta neli argine ella sechonda fatta nel mezo del fiume si tardera nella sua basa e vicina alla punta sara veloce perchotendo il fondo po si levera equale all alteza / della intersegatione ma senpre sara piv veloce quella del mezo che quella che risalta. (106R T1 - 105V T1)		

4	" . . infra lle chose spaudentevole danose sia tenvto il principato da la inondation de fiumj . . "
CA 1007V c. 1490 (361aV)	<p>Colonna sinistra</p> <p>I tomoltosi</p> <p>.</p> <p>Infra le chose che deono sopra ognj altra temvte da li omjnj si e la ruinosa inondatione de chorenti fivmj.</p> <p>A me pare che infra lle chose spaudentevole danose sia tenvto ilk principato da la inondation de fiumj i qu con inriparabile inpoito danegiano l umanj benj e chon ruinoso deripamento e guastano li umaj benj.</p> <p>terore nefande inesorabile li oribili e conquassbilj repentina precepitante</p> <p>Infra le danose chagione dellj vmanj benj a me pare i fivmj cho le superchie e inpetuose inondatione tenere il principato e se alchuno volessi antipore il focho al furore de i rovinosi fiumj a me parebe questj talj avere charestia di bono givditio inpero che il focho rimane termjnato e morto dove li manca il nvtrimento. Ma alle inriparabile inondatione de gonfiatj e superbi fivmj non uale alchono vmano riparo d umano consiglio anzi achonpagnja cholle turbolente e ttemultev . . . rodendo e rvinando l alte ripe e intorbidandosi delle chultivate posesionj ruinandovi le chase disuelendo l alte piante quelle porta per preda al mare suo riposo portando chon secho omjnj piante bestie vile (ville ?) e possessionj ruinando ognj argine e altri ripar porta chon secho le chose legiere e lle gravi ruina e guasta faciendo di pichole fessure grandi deripamenti rienpiendo le basse valle di diluuj e di noiose e rigide acque precipitando.</p> <p>Quant e da fugire tal ujcino o quante citta o quante tere chastella e ville e chase a chonsumate o quante fatiche de tribulati chultori sono state vane e ssanza frutto o quante famiglie a disfatte e ssomersi che diro jo dellj armentj anegatj e persi</p> <p>E speso vssciendo delli antichi e sasosi lettj lava le cultivate.</p>

4	Arno and Sieve floods.	
CAR 278V	In 5 ore viene la piena di Sieve e in 7 quella d Arno.	

4	Low and high waters in the Adice.	
CL 23R 38-39	Come ogni 7 anni lacque dell Adice salza e poi 7 s abbassa e fa carestia nell alzare.	
C.R.20R 32-33	Perche ogni 7 anni l Adice sinalza e 7 sabbassa ed causa carestia o dovizia	

4	Questions about rivers after flood time.	
CAR 29V	Qualj fien quell acque che regnan ne fiumj dopo le loro innondationj. Qualj fien quelle acque che mancano nel calar de diluj de fiumj.	

4	" Quando lacqua dara principio al discorso sopra la campagna la parte che dinanzi si mosse . . " The way water proceeds in flooding a "campagna".	
CL 21R 9-20	Quando lacqua dara principio al discorso sopra la campagna la parte che dinanzi si mosse ara poca conseguenza daltra acqua per lo suo cammino e questo interviene perche lacqua che prima si mosse fu quella che riempie le parte basse per la qual cosa lacqua succedente trabocca lateralmente sopra lantecedente e va ricercando i siti della seconda minor bassezza e laltra succedente a questa va ricercando i lochi della 3 ^a minor bassezza e cosi successivamente va seguitando or torciendosi la corrente a destra e ora a sinistra e ora in mezzo e ora in aspetti partecipanti de predetti.(9-15) Il corso dell acque non sara mai veloce se prima non riempie dacqua le vallate del fiume onde passa e questo accade perche poi tutte lacque che mettan nel fiume bisogna che in altrettanto tempo isgombri esso fiume per la foce sua il che prima fare non potea perche lacqua che entro nel fiume si distribui nel riempire le sue concavita. (15-19) Lacqua che nel fiume si move sara tanta piu tarda quanto essa fia piu distante alla retitudine del suo moto cosi inferiore come laterale (19-20)	

4	" Se si voltera il fiume alla rotura del terremoto . . " Catastrophic fluvial hydraulics.	
CL 28R 59-60	Se si voltera il fiume alla rotura del terremoto il fiume non correrà più inanti ma ritornerà nel corpo della terra come fa l'Eufrates fiume e così faccia a chi a Bologna rincresce li sua fiumi	

4	"Delli diluuj de fiumj masimimj". Floods of great rivers.	
CA 227V c. 1515	Delli diluuj de fiumj masimimj Li diluuj de fiumj si gienerano quando le boche delle vali non possano dare essito alle acque ricevute da tta l'ualle nel medesimo tempo che lla valle la riceve.	

4.10

4	"Come lacqua che corre diritta mantiene la maggiore sua altezza nel mezzo . . ." Properties of straight river channel.	
CL 20R 36-37	Come lacqua che corre diritta mantiene la maggiore sua altezza nel mezzo della larghezza sua sotto la quale altezza sara la sua principale profondita.	

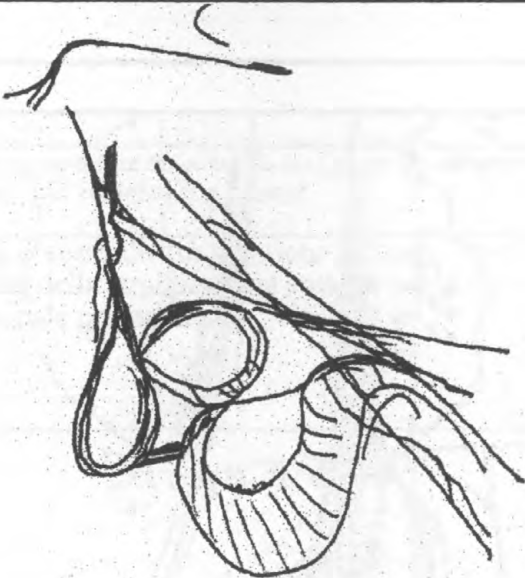
4	" che in tal parte il fiume e diritto e la sua massima profondita fia nel mezzo . . ." Conditions for a river to be straight with maximum depth at the centerline.	
CL 16R 1-4	Quando i tomoli delle acque son fatti nelle rive de fiumi con equal potenza e sara segno che in tal parte il fiume e diritto e la sua massima profondita fia nel mezzo della larghezza sua cioe sotto la principal corrente delle sue acque in A 89	

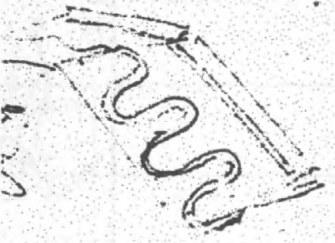
4	"La corrente di quel fiume sara piu diritta . . ." The river is more straight if more powerful.	
CL 4V 35	La corrente di quel fiume sara piu diritta del quale il comun corso del fiume e piu potente	

4
CAR 275V D1
[See Crit. Tr.]


Fluvial sketches with meandering paths. No text.




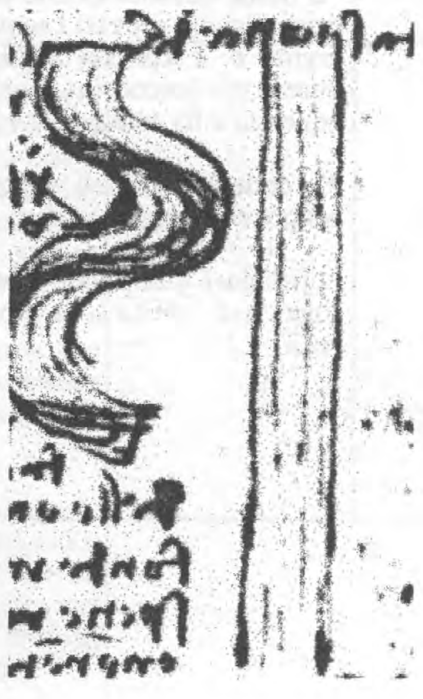
4	This drawing seems to represent meander patterns in a river; I tend to interpret this drawing as a representation of changes in the meanders but I cannot detect a plausible sequence of events.
Ms L 71 V D1	 <p data-bbox="254 796 349 826">No text.</p>


4 CAR 216 V D1	" . . . quella sara di piv tardi moto che disscienda per piv lungo camjno e . . . " Generation of meanders in rivers. Is D1 an illustration of the effect of the slope on meandering, or is it a sketch for an experiment ?
<p data-bbox="65 1108 953 1360">Infra l corso de fiumj fattj con equale acque e per obliqujta parj in lungeza e in qualita quella sara di piv tardi moto che disscienda per piv lungo camjno e quella che piv si tarda manco sgonbre il camjno a ll'altra acqua che direto la segue onde essendo piv l'entrata che ll'uscita essa acqua seguente soprabondando non e receuuta dall'argine onde trabochando fuori di quelle allaga il cirtusstante spatio quello ricoprendo di nova lita coprendo le semjnate campagne e spesso danegando molte possessionj -----</p> <p data-bbox="65 1391 953 1522">ne la via piv brieue l'acque sgonbrara subito e da locho all'acqua che lla segue cquanto piv procede nel suo moto piv profonda il suo canale e ttie netto le circunstante parte da lle sopradette sonmersionj e manco terreno tiene occupato.</p> <p data-bbox="65 1552 953 1764">Nasscano le tortuosita de fiumj quando la loro vsscita non e equale alla sua entrata a ssimjlitudine del uincho perchosso col suo stremo n un locho ch lli resista il quale stremo non potendo penetrare l'obietto con quella velocita quale il moto della potentia che moue l'opposita sua parte e neciesario che l'mezo d'esso vincho incluso infra i due predettj sua stremj si uada con diuerse torture consumando la sua lungeza.</p>	

4	" Come ne fiumi serpeggianti la profondita si varia dall una riva all altra cioe . . " Properties of meandering rivers.	
CL 20R 37-41	<p>Come ne fiumi serpeggianti la profondita si varia dall una riva all altra cioe nel sito dov essa percote largine dove il suo moto incidente si converte in refresso.</p> <p>Come la minor profondita che abbia la lunghezza del fiume serpeggiante e in fra lo spaxio dove il moto refresso si converte in moto incidente.</p> <p>Come ne fiumi serpeggianti si trovera rarissime volte la linia della maggior profondita esser paralella colla la linia della sua argine</p>	

4	"L onde laterali dell argine fatte dalle tortuosita de fiumj senpre si movano in verso jl fine del fiume"	
CA 674R c. 1513-14 (249cR)	<p>Fiume tortuoso con: a - b - c - f</p> <p>*Il fiume tortuoso quanto piu corre piu si (eressee) torce se trova pianura provasi l acqua a b corrente batte e ronpe l argine b e scaricha la ghiara nella conuessita b c f e quanto pjv percote in b piu leua e piu scaricha in b c f e cquessto e lla causa della sua tortura.</p> <p>*L onde laterali dell argine fatte dalle tortuosita de fiumj senpre si movano in verso jl fine del fiume.</p> <p>*Quando l ultima ond laterrale si consuma gia la prima e rinata e di questo si fa prova n un picol solcho fatto nella rena.</p>	

<p>4 CAR 60V D1-2</p>	<p>"L onda che fanno li serpegamen(ti) de fiumj " Trying to write the best sentence for the same topic for eleven times ! !</p>
<p>L onda de lito che fan li fiumj che scorran per le largeze delle vallj serpegando dall in monte all altro oposito</p> <p>.....</p> <p>L onda che fanno li serpegamen(ti) de fiumj per le lor vallj consumano le radice de monti e allargano esse valli S move diritto alla fuga dell acqua e con lungeza di tenpo ricercan tu(tta) la lungeza d essa valle se non sono inpedite.</p> <p>.....</p> <p>Il corso fressuoso de fiumj che percotano e consumano le radici de lor montj lateralj sa percotendo nell uno e risalando nell altro e fanno l argine fressuose. La qual fressuosita si move dirieto al corso del fiume e con lungeza di tenpo acressce la lungeza e largeza della sua valle.</p>	

<p>4 CL 5R 29-42</p>	<p>" Se due fiumi d equal longitudine saran l un retto e l altro tortuoso ancora che sieno equali in quantita dacqua . . " Comparing straight river with meandering river.</p>
<p>Se due fiumi d equal longitudine saran l un retto e l altro tortuoso ancora che sieno equali in quantita dacqua cioe dato alli principi equale acqua a ciascuno e che sieno d equal latitudine e obbliquita quel sara di maggior velocita che fia piu diritto e l altro fia tanto piu profondo quanto esso e piu tardo proponendo a ciascuno uniforme obbliquita in ogni parte di suo corso e cosi latitudine. E questo che si propone accade per causa delle ripercussione che lacqua fa nell argine del fiume tortuoso la qual risalta alla opposita concavita attraversando il fiume onde tanto piu cresce il corso del fiume quanto sono piu lintraversamenti e piegamenti dell acqua nel fiume dall una argine all altra. (CL 5R, 29-36)</p> <p>Vedi qui posti 2 fiumi ne quali entra equale acque e son dequal lunghezza larghezza obbliquita e non sono equali ne in velocita ne in profondita. E questo accade perche luno e tortuoso e laltro diritto che ne seguita che nel fiume torto il corso della sua acqua e piu lungo che non e la lunghezza del fiume ne di ciascuna sua argine perche il serpeggiare suo dallun allaltro li cresce lunghezza di corso e lacqua del fiume diritto fa cosi equale il corso quanto ciascuna argine del fiume. (CL 5R 37-42)</p>	

4	Relation between meanders in a river	
Ms L 36V T1D2	Quanto men curua sara largine dove ripercote il salto del fiume talto il secondo salto fia piv remoto dal sito donde il p ^o si partj. (T1)	 <p>D2</p>

4	"Non si voltera mai il fiume se non si apre tanto di canale nella percussione . . ." One aspect of meandering rivers.	
CL 24V 37-39	Non si voltera mai il fiume se non si apre tanto di canale nella percussione del suo refresso che sia capace di ricevere tulte lacque del predetto fiume.	

4	"La diritta corrente de fiumi sara piegata dali altri fiumi che . . ." Role of transversal impact by a river on river change in direction.	
CL 16R 5-7	La diritta corrente de fiumi sara piegata dali altri fiumi che trasversalmente in essa corrente percuotano. Le correnti de fiumi minori che entran ne maggiori son causa di rompere largini opposite dessi maggior fiumi in A 89	

4	"Come li fondi vari de fiumi son causa di piegare li corsi . . ." Role of "fondi" in the meandering of rivers.	
CL 10V 27-29	Come li fondi vari de fiumi son causa di piegare li corsi de fiumi in diversi lochi e questo accade piu quanto tali profondita son presso o al toccare delle rive del fiume che inverso il suo mezzo	

4
CA 508R-1
D1-3 c. 1515

" Le globbulentie che anno l isole de ghiareti fatti da ghomjti dell argine anno diriuatione dalli retrosi massimj de fiumi . . . " Meanders and Islands. See CA 425V.

Right-hand-side column:

*Inposibile he che un fiume che ricieva in se altri fiumj possa manteneri nella data dettitudine.

Sketch of meanders:

Lj ghomjti fatti dall arginj de fivmj sono annulliati nelle grande inondationj de fiumj perche il corso massimo spignie l acqua chon retto chorso ma nel di(mi)nuire ripiglia il corso serpeggiante il quale si ua refrectendo dall una riva all altra e cquesta dimjnuiton dell acqua conchava l argine de fiumj

Ma in questa profondita dimjnuita l acqua non a moto d equal corso perche la maggior chorrente salta dall una concavita all altra delle rive opposite e lli lati dell acqua che confinano coll argine son di breujsimo corso.

Meandering river with islands:

Le globbulentie che anno l isole de ghiareti fatti da ghomjti dell argine anno diriuatione dalli retrosi massimj de fiumi che ss astendano colle loro revolutionj infra lla concaujta e lla convessita contraposste nell arginj de fiumj e di qui nasscano li piccoli riuj interpossti infra le seche de fiumj e lle sue aginj posste a rjsscontro delle concavita dell argine d essi fiumj etc.



4

CA 508R

D4-5

c. 1515

" Le onde di terra fatte dall argine de fiumj al continuo si remouan di sito e . . "

Meanders, confluence, valley.

Central column:

L jntroito de fiumj ne fiumj gienerano le primj tortuosita de fiumj.

Senpre li fiume ochupano le pu basse parte delle valle.

Rivers and canals:

Le torture de fiumj nelle pianure nascan da fiumj che dentro vi versano.

Se il fiume serpeggiante sara integralmente remosso dell antichu suo letto e fia mezzo jn diritto canale egli e neciessario che dellj fiumj che dentro vi versauano da due lati che da un lato allunghino quanto e dimjnuisscano dalla parte opposita e quel che acquista lungheza perde di velocita la qual uelocita si trasfericie nel fiume rachortato.

Left-hand-side column:

Fa che li fiumj mjinorj e(n)trino infra angholj achuti ne lor fiumj massmj e ll utilita di quessto he che l corso del maggiore fiume piegha l introito del fiume mjinore e nol lascia perchotere nell oposita riva.

Ma sse l mjinore fiume a lla sua inondatione nel tenpo che l massimo fiume e basso dell sue acque allora la percussione del mjinor fiume ronpe l oposita riva d esso massim fiume.

Meandering river, with a - b - c:

Senpre l arco massimo di tutto il fiume d una valle gienera la sua convesita in verso la piu bassa parte della largeza della vallel

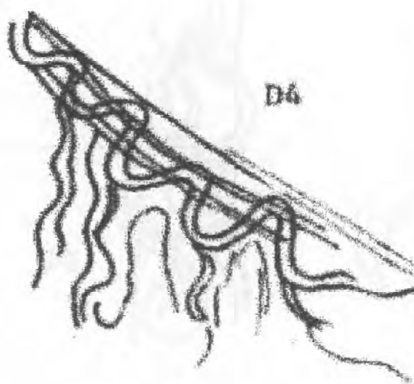
Tanta son maggiorj le tortuosita de fiumi quanto esse son piu vicine all entroito del mjinor fiume nel fiume maggiore.

Le onde di terra fatte dall argine de fiumj al continuo si remouan di sito e lla prima rinasscie quando l ultima si consuma.

D5



D4



4

CA 508R

D4-5

c. 1515

" Le onde di terra fatte dall argine de fiumj al continuo si remouan di sito e . . . "
Meanders, confluence, valley.

Central column:

L jntroito de fiumj ne fiumj gienerano le primj tortuosita de fiumj.

Senpre li fiume ochupano le pu basse parte delle valle.

Rivers and canals:

Le torture de fiumj nelle pianure nascan da fiumj che dentro vi versano.

Se il fiume serpeggiante sara integralmente remosso dell antichu suo letto e fia mezzo jn diritto canale egli e neciessario che dellj fiumj che dentro vi versauano da due lati che da un lato allunghino quanto e dimjnuisscano dalla parte opposta e quel che acquista lungheza perde di velocita la qual uelocita si trasfericie nel fiume rachortato.

Left-hand-side column:

Fa che li fiumj mjinorj e(n)trino infra angholj achuti ne lor fiumj massmj e ll utilita di quessto he che l corso del maggiore fiume piegha l introito del fiume mjinore e nol lascia perchotere nell oposta riva.

Ma sse l mjinore fiume a lla sua inondatione nel tenpo che l massimo fiume e basso dell sue acque allora la percussione del mjinor fiume ronpe l oposta riva d esso massim fiume.

Meandering river, with a - b - c:

Senpre l arco massimo di tutto il fiume d una valle gienera la sua convesita in verso la piu bassa parte della largeza della vallee

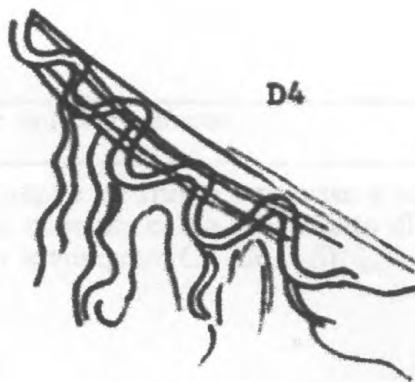
Tanta son maggiorj le tortuosita de fiumi quanto esse son piu vicine all entroito del mjinor fiume nel fiume maggiore.

Le onde di terra fatte dall argine de fiumj al continuo si remouan di sito e lla prima rinasscie quando l ultima si consuma.

D5


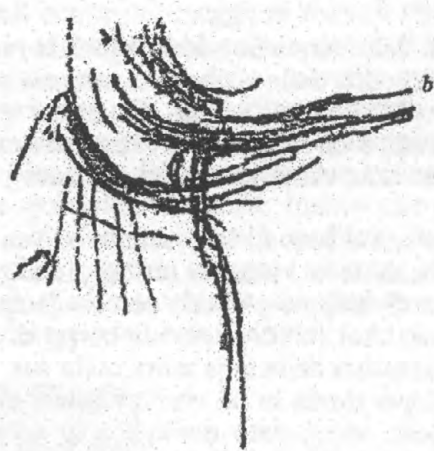


D4



4	" Quel fiume che piu s allungha per lunghe tortuosita traversali e quel che . . " Slow flow in meandering river.	
Ms E 66V T2	Quel fiume che piu s allungha per lunghe tortuosita traversali e quel che piu presto si riempie di materia. Pruocasi per la 12 ^a che dice l acqua che piu si tarda piu presto scarica la materia da lui portata. Addunque il fiume ch e piu tortuoso facendosi piu lungo mediante esse tortuosita si fa tanto piu tardo quanto e si fa piu lungo	

4.12

4	"Quando 2 fiumj insieme s intersegano . . ." Confluence of Rifredi and Arno.	
CAR 271R D1-2	Quando 2 fiumj insieme s intersegano quel sara di mjinor profondita il qua fia di piv tardo corso	
	Quando Rifredi <i>b</i> si iscontra con Arno lento esso Arno alza il suo fondo e Rifredi corente lo consuma e ffa subita profondita	

4	Libro 9. " . . iscontri de fiumi e lor frusso e refrusso . . . "	
CL 5R 3-5	Libro 9 ^o delli iscontri de fiumi e lor frusso e refrusso e la medesima causa lo crea nel mare per causa dello stretto di Gibiltar e ancora accade per le voragine.(CL 5R, 3-5)	

CA 211R
5 marzo 1503
D1

" Qui li due corsi delle acque si sscontrano insieme . . " æQuando l j
corsi delle acque non sono equali le reuolutionj fatte da risscontri . . "
Confluence of two streams.

Riquadro b. Figura di confluenza di due fiumi: a b.

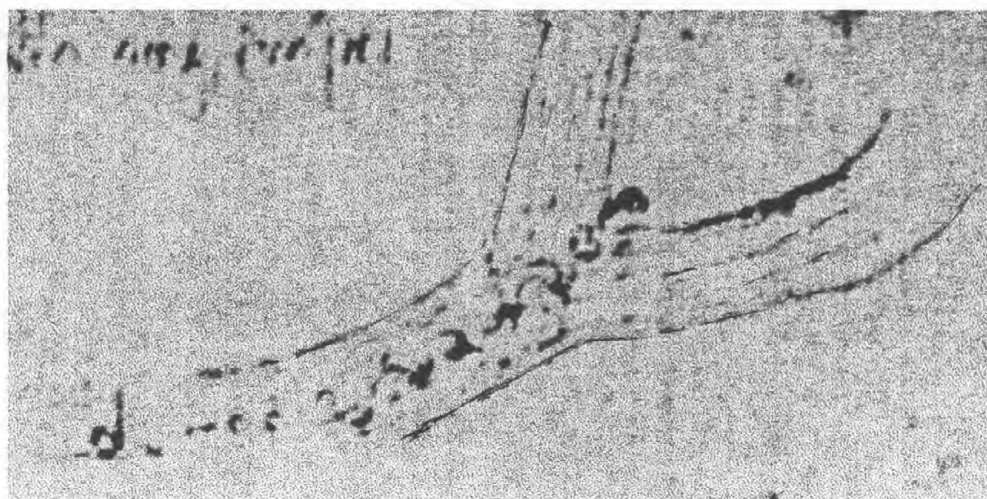
Qui li due corsi delle acque si sscontrano insieme nella linia *a b* e in tal percussione si uanno ragirando infra l loro integralmente perche dalla superfittie al fondo si percuotano e creata che e tal reuolutione essa e ssospinta fori del sito doue fu creata dallo inpeto delle sopra venente acque e in tal transmutatione essa reuolutione ne (ha) acqujstato due moti coe il naturale suo intorno al suo centro il secondo e cquello che esso acqujssta dal locho al locho adunque questo sara moto retto circunvolubile el quale achade nell acqua o nell aria essa remove il terreno con gran cauamentj e rassciamentj.

Quando l j corsi delle acque non sono equali le reuolutionj fatte da risscontri d esse acque per retta linia ma sse ttalj corsi delle acque non saranno equalj essi scontri porteranno i ragiramentj di talle acque in uerso la riva dell acqua Di minor potentia e cquella trivellando sotto coi sua moti duplicati coe retti e circunvolubili vano cauando l argini in basso doue le parte superiori da cquesste sosstenute ruinando sopra i mancatj lor fundamentj di nouo son da essa reuertigine consummatj.

Quando lacque son disequali loro scontri si van ragirando e ll acqua men potente entra colli ramj de retrosi piv bassi sotto i ramj de retrosi piu altj coe natj dalle acque piu potentj.

Quando l acqua di magore potentia percote lacqua della potentia mjnore allora la linia de retrosi s incurua entrando chol suo conuesso in corpo all acqua di mjnor potentia.

Quando la incuruatura della linia entra colla sua conuessita infra ll acqua di mjnor potentia allora essa mjnore acqua riman in tal confine senza moto onde si ringorga e rinalza e acqujssta graujta onde per lo peso acqujsstato multiplica in potentia e ffa inpeto contro a ll acqua che prima la superaua in modo che lla linia de retrosi si piega in contrario sito e doue prima era conuessa essa si fa concaua e cosi la mjnore acqua e spesso sospinta dalla magone e lla magore e ssospinta dalla mjnore ma ttan piu e ssospinta la mjnore quanto essa e di mjnorre potentia.



<p>4</p> <p>CL 25V</p> <p>1-17 D1</p>	<p>" Se lacqua che vien da tramontana e sincurvera a libeccio e ricevera da ponente un fiume di minor potenza . . ." Encounter of two rivers.</p> <p>Note: River ? <i>b</i> is not mentioned. Text does not mention but two rivers while D1 shows 3. Linia maestra should be the only one with stagnation line, unless there is 3-D flow.</p>
---------------------------------------	---

Se lacqua che vien da tramontana e sincurvera a libeccio e ricevera da ponente un fiume di minor potenza di lei dentro alla sua linia maestra essa minor corrente saccompagnera colla rivoluzione dell acqua maggiore e la maggiore profondita sara sotto il retroso come sia lacqua che viene de tramontana il fiume *a* la quale percuota la riva per libeccio in *m d f* dico che la maestra e quella che sta nel mezzo della corrente e percuote nel punto *d* e l fiume minore che percuote dentro a essa maestra per necessita non seguira il corso del fiume ma si voltera insieme col retroso e poi si sommergera sotto il prencipio della corrente insieme coll acqua del maggiore retroso che cosi si prova. Se la acqua *c r* trova contro a di se lacqua *e r* dequale obbliquita e potenza a lei e la truova e percuote dentro alla maestra *c d* (* come appare per *e d*) della corrente maggiore e luna e laltra concorre nel angolo *t* e impossibile e che tale acqua *c r* acquisti movimento contro a corrente piu di lei potente cioe alla maestra *e d* onde si piega a piu facile e meno impedito corso il quale va sempre declinando da *d* maestra ch e la piu alta parte della percussione insino in *r t n m o* e pero per tal declinazione ciascuna acqua volentieri concorre insino che la parte suoperiore percuote nella maggiore corrente nel sito *e* e si viene a inalzare mediante la predetta percussione nella sua maestra e gran parte ne cavalca e passa sopra la maggior corrente e quivi si divide in 2 contrari retrosi perche vi trova acqua morta de quali retrosi luno saccompagna e segue il maggior retroso e va a cavare trivellando il fondo del pelago e laltro fa il simile



4	" Quando il minor fiume mette le sue acque nel fiume maggiore . . ." Confluence of rivers. Is Leonardo referring to a given occurrence ? and describing it as a general behavior?	
CL 28V 44-47 C.R. CL18V 1-3 (4)	Quando il minor fiume mette le sue acque nel fiume maggiore esso ritarda il suo corso e le sue acque passa di sotto al fiume maggiore e questo si vede per lacque torbide del fiume maggiore che son cavate soto a uso di grotta sotto alle quale si vefe lacqua chiara del fiume minore	


4	" Quando il minor fiume mette nel maggiore esso ringorga le sue acque . . . gran quantita di fango e di rena . . ." Sedimentation due to minor river entering larger river.	
CL 19V 1-4 C.R. CL 20V 44-47 (4)	Quando il minor fiume mette nel maggiore esso ringorga le sue acque nelle quali perche rimangano con tardo moto ricievano in se gran quantita di fango e di rena portata dalla velocita del maggior fiume che quivi le scarica perche tardandosi non le puo sostenere. (1-3) Quell acqua movera e portera con seco cose piu gravi la quale sia piu veloce e quella sosterra cose men gravi che fia piu tarda.(3-4)	

4	"Il fiume minore che mette nel maggiore . . .". " Se li fiumi che versan ne fiumi maggiori ingrossassino . . ." # There seem to be an inconsistency here: Bending in both cases?	
CL 18V 5-11	Il fiume minore che mette nel maggiore se sara men veloce d esso maggiore esso correrà lungo largine da quel lato dove esso finisce il suo corso e muta nome insino a tanto che l fiume maggiore si piega della sua retitudine. Ma se l fiume che versa lacque nel suo maggiore fia piu veloce che l detto maggiore allora esso minore percoterà l opposta riva del fiume maggiore e la cavera e piegherà il fiume maggiore. # (5-9) # There seem to be an inconsistency here: Bending in both cases? Se li fiumi che versan ne fiumi maggiori ingrossassino tutti nun medesimo tempo insieme col maggiore non accaderebbe mai piegarsi largine opposte all entrate de minor fiumi ne maggiori. (9-11)	

4	<p>" Quando il fiume minore versa le sue acque nel maggiore il qual maggiore corra dall opposita riva . " Different ways of a lesser river to enter a larger one.</p>
<p>CL 15R 2-12 D1-3</p>	<p>Quando il fiume minore versa le sue acque nel maggiore il qual maggiore corra dall opposita riva allora il corso del fiume minore pieghera il suo corso inverso l avvenimento del fiume maggiore. E questo accade perche quando esso maggior fiume empie dacqua tutto il suo letto egli viene a fare retroso sotto la bocca di tal fiume e cosi spigne con seco lacqua versata del fiume minore.(2-6)</p> <p>Quando il fiume minore versa le sue acque nel fiume maggiore il quale abbia la corrente alla foce del minor allora le sue acque si piegheranno inverso la fuga del fiume maggiore ma se l fiume minore versa nell acque ringoragate del maggiore A 74 allora il fiume minore mandera le sue acque a diritta linia inverso il mezzo del fiume maggiore. (6-9)</p> <p>E se la corrente del fiume minore si congiugne contro alla corrente del maggiore con angolo acuto esso maggiore terra sempre ringorgate lacque del fiume minore e fara ritroso massimo nella sua foce il qual girera inver lavvenimento del fiume maggiore. (9-12)</p> <p>See footnote 1, p. XI. Introd. CL. by Calvi</p>



4	" Come i pelaghi fanno il frusso e rifrusso a similitudine del mare ma non . . . " Intermittent hydrodynamic interactions between a lesser and a major river.	
CL 15R 36-41 CR 35R 20-48	Come i pelaghi fanno il frusso e rifrusso a similitudine del mare ma non con sì lungo tempo e questo accade quando limpeto del fiume maggiore riempie la foce del minore ne la quale lacque ringorgate s inalzan tanto che acquistan peso tale che lacqua del maggior fiume non la puo sostenere onde si mette in fuga e quella ch era ringorgata nella foce la segue con impeto e fa un altra ringorgazione nel fiume simile a quella della foce e cosi or luna caccia latra e or laltra luna van seguitando con continua varietà mutazione. (See similar discussionm in 35R 20-48 (2, 4, 12))	

4	" I moti incidenti e refressi delle acque non son mai rettilini ne fatti con alngoli equali . . . " Hydrodynamic interactions between two streams.	
CL 19R 13-19 D1	<p>Dato un principio al moto delle acque neciessita la guida a un mezzo e un fine compagno di tal principio.</p> <p>Dato uno impedimento infra l principio e fine del moto dell acqua necessita le dara un fine che fia partecipante del principio e dello impedimento ma tanto piu dell un che dell altro quanto lun sara piu potente che laltro. I moti incidenti e refressi delle acque non son mai rettilini ne fatti con alngoli equali perch e piu grosso langol refresso che lo ncidente e questo accade ch e radi refressi sincurvano impediti dal moto del fiume onde sintraversano che in lor percote e li piega inverso il fine del fiume</p>	

4
CL 18 V
11-28
D1-2

" I piegamenti de fiumi a riscontro dove i minor fiumi li porgan le sue acque nascie per causa che . . . " Interactions between affluent and main rivers. Bending, floods. erosion, deposits.

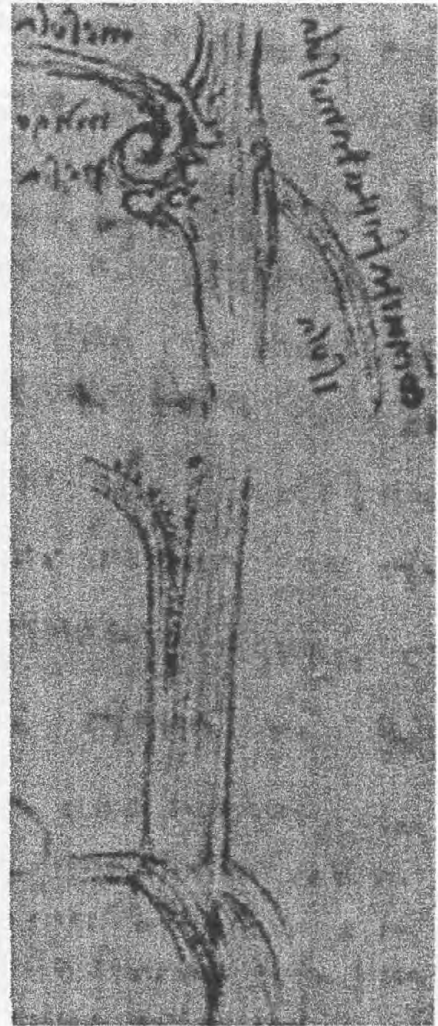
I piegamenti de fiumi a riscontro dove i minor fiumi li porgan le sue acque nascie per causa che l minor fiume li torse largine opposita quando esso venne col suo diluvio in tempo che l maggior fiume avea le sue acque basse e di tardo corso. (11-13}

Quando il fiume maggiore e in possessione della sua grande inondazione e che l fiume minore non abbia rinfrescamento di piogge allora il maggiore riempie la foce del minore con gran quantita di materia. (13-15)

Quando la foce del fiume minore e trovata dalle inondazione di tal fiume ripiena di sassi e altra materia allora lacqua che ne cade cava il fondo dopo tale ostaculo e la materia ch ella cava la laacia sotto il primo 2° 3° balzo e non sendo il maggior fiume in potenza di disfare tali balzi per aver lui in tal tempo le sue acque basse neciessita constringe che lacqua che poi esce desso minor fiume percota ne gia fatti ostaculi e risalti indiriecto alla sua medesima argine e quella rompe e po risalta dall opposita parte e cosi va cavando il fondo sotto il suo corso onde poi la inondazione del maggior fiume si viene a dirizzare perche lacqua ricerca i lochi bassi e questa e la causa del torcere i fiumi..(15-22)

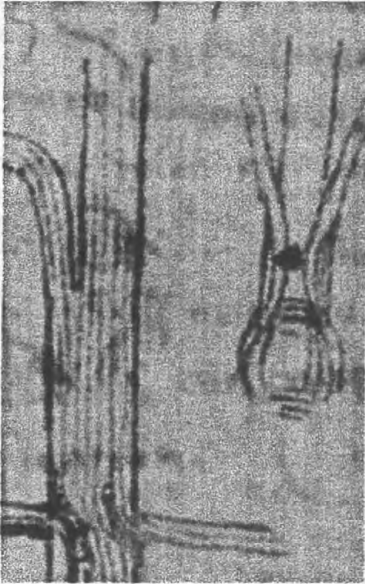
Quando ne diluvi de fiumi che mettan lun nel altro regniano a un medesimo tempo lacqua del minor fiume non po penetrare la velocita del fiume maggiore onde si volta indiriecto e con moto circolare si va mangiando largine del fiume maggiore nella bocca della sua foce onde si scarica terreno nella congiunzione dell acque del minor fiume con quella del maggiore.

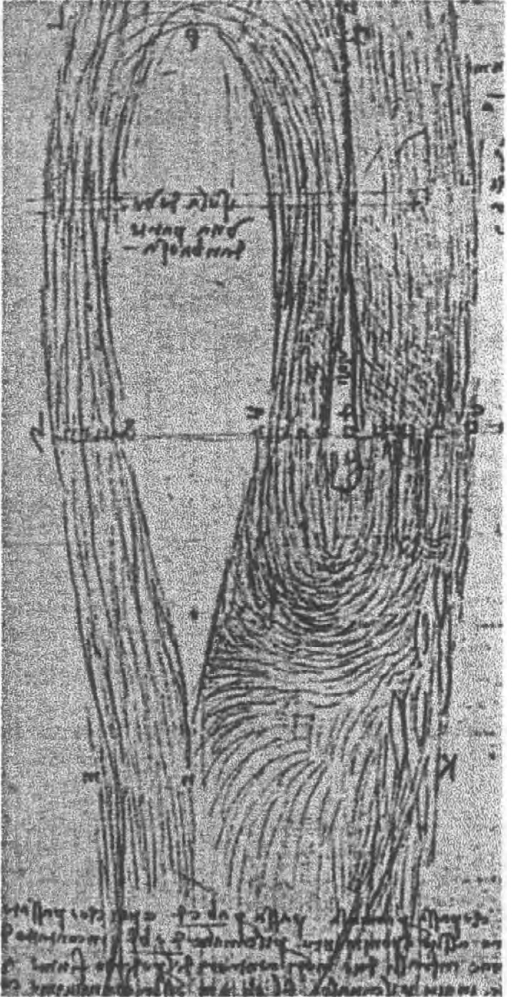
Quanto piu acuto e langolo che sinterpone nella congiunzion del fiume minore col fiume maggiore tnato si manterra piu diritto esso fiume maggiore. (22-28)



4 " Il fiume che sara manco obbliquo cacciera . . . " Interaction between less oblique and more oblique rivers.

CL 19 V
3-4 Il fiume che sara manco obbliquo cacciera le sue acque sotto quelle del fiume obbliquo

4	<p>" Lentrata dell un fiume nell altro ringorga lacque . . . dopo il quale ringorgamento ne segue gran movimento dacque e ruina del fondo . . ." Flow and transport phenomena at the junction of two rivers.</p>
<p>CL 18V 30-41 D3-4</p>	<p>Lentrata dell un fiume nell altro ringorga lacque all uno e laltro fiume dopo il quale ringorgamento ne segue gran movimento dacque e ruina del fondo del fiume e a questo fiume principale si debbe nella congiunzione dessi fiumi allargare il letto del maggiore per tanto spazio quante e quel del minor fiume se non lacque salgano alle possessioni. (30-33)</p> <p>Quando un fiume minore passa intraverso del maggiore esso non mandera le sue propie acque fuori desso maggiore ma bene ne spignera di quella deaao maggiore per l'opposito canale. Ma se due fiumi equeli metteranno nel fiume maggiore infra angoli acuti essendo ciascun de 3 fiumi nelle sue mezzane o maggiori acque senza dubbio tali 2 minor fiumi ringorgheranno alquanto lacqua del fiume maggiore sopra la lor percussione e poi dopo la lor percussion si volteraano indiriecto in moto circolare e lascieranno isola infra la lor separazione la quale sara coperta dall acqua del maggior fiume con gran profondita nello suo introito e l terren dessa profondita sara lasciato circa al mezzo della predetta isola. (34-41)</p> 

4	<p>" Loera fiume d Ambosa. . . Il fiume Era che passa per Ambosa " Currents around an island in the Loire river.</p> <p>I visited Ambuise and the island seems quite different now, except for the downstream end.</p>
<p>CAR 269R D1</p>	<p>Loera fiume d Ambosa</p> <p>Il fiume e piu alto dentro all argine <i>b d</i> che fuori d essa argine.</p> <p>Il fiume Era che passa per Ambosa passa per <i>a b c d</i> e poi che e passato il ponte <i>c d e</i> ritorna contro al suo avenjmento per il canale <i>d e b f</i> in contatto dell argine <i>d b</i> che ssi interpone infra llj due moti contrari del predetto fiume <i>a b c d - d e b f</i>. Di poi si rivolta in giu per il canale <i>f l g h n m</i> e si ricongiugnie col fiume donde prima si diujse che passa per <i>K n</i> che fa <i>K m r t</i> ma quando il fiume e grosso allora elli corre tutto per un solo verso passando l argine <i>b d</i>.</p> <p>Isola dove e vna parte d Anbuosa (D1)</p> 

4	<p>" Quando le piene de fiumi son diminuite allor li angoli acuti che si generan nelle congiunzione de sua rami si fanno piu corti nelli lor lati e piu grossi nelle lor punte . . . "</p> <p>Observations of the angle of two branches of a river during floods and as these recess. Transport processes are described in some detail.</p>
<p>CL 16V 8-20 D1</p>	<p>Quando le piene de fiumi son di maggiore potenza tanto li angoli creati dalla congiunzion de rami de fiumi saran piu acuti.</p> <p>Quando le piene de fiumi son diminuite allor li angoli acuti che si generan nelle congiunzione de sua rami si fanno piu corti nelli lor lati e piu grossi nelle lor punte come sia la corrente an e la corrente dn le quali si congiunghino insieme in n quando il fiume e nelle sue gran piene dico che quando sia nella predecla disposizione che se dn avanti la piena era piu basso che an che nel tempo della piena dn sara pien di rena e fango il quale nel calare delle acque dn portera via il fango e rimarra col fondo basso e l canale an trovandosi alto scolera le sue acque nel basso dn e consumera tutta la punta del renaio bcn e cosi rimarra langolo acd piu grosso che langolo and e di lati piu corti come prima dissi. Quella parte laterale piu bassa del fiume si riempiera di lieve materia per le sua grande inondazione e cacciera le correnti inverso il mezzo del fiume le quali al fine ritorneran dove prima si partirono e caccieran via la gia portata materia lieve</p> <div data-bbox="1035 385 1268 1235">  </div>

4	<p>" Lacqua de fiumi che si divide in diversi rami e poi si ricongiugne lascia isole . . " Islands in rivers</p>
<p>CL 21R 34-37</p>	<p>Lacqua de fiumi che si divide in diversi rami e poi si ricongiugne lascia isole scoperte all aria e qualche volta coperte di poche acque. (34-35)</p> <p>Quell isola che sara scoperta dalle acque sara di materia piu lieve nella parte dove le corrente si ricongiungano che dove esse correnti si dividano. (35-36)</p> <p>E se lisola che si trova in fra le 2 correnti sqra coperta dacqua l angolo inferiore sara forte acuto e poca ghiara sara scoperta dalla rena. (36-37) (See CL 16R 7-9 (4))</p>

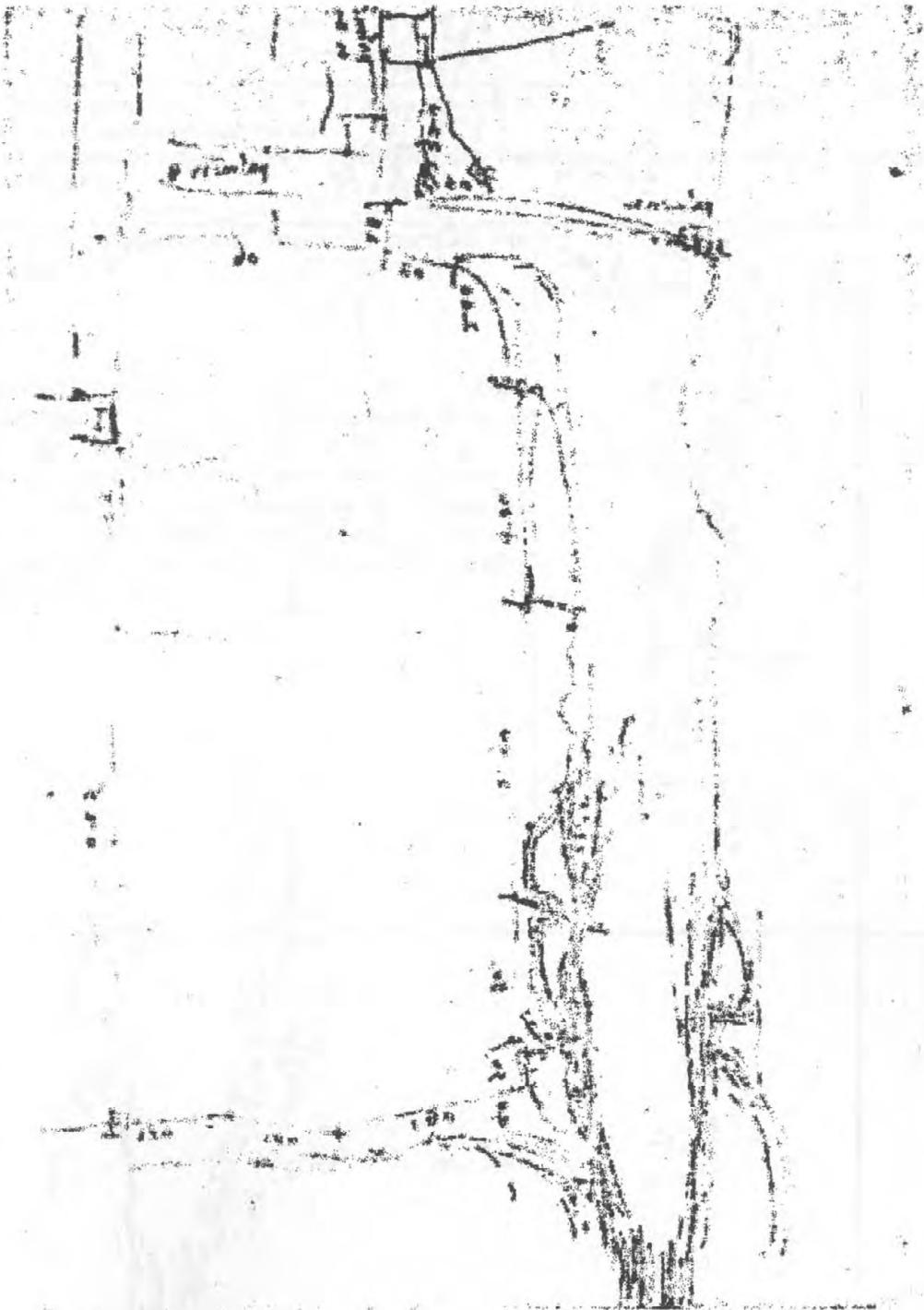
4	" Lisole de fiumi aran sopra di loro . . ." Deposition distribution in fluvial islands.	
CL 16R 7-8	Lisole de fiumi aran sopra di loro le piu grave cose di verso a lavvenimento dell acque che nel contrario sito in A 88	

4	" Lisole che prima si scoprano nel calar delle inondazion de fiumi scolan con repente corso le loro acque . . ." Transport phenomena in islands when the flood waters go down.	
CL 16R 15-20	Lisole che prima si scoprano nel calar delle inondazion de fiumi scolan con repente corso le loro acque infra le acque lateral dell isole e quivi lavan le ghiare e le dinudano e scalzan delle loro rene le quale son successivamente portate via dalle corrente del fiume. Ma se lisola che si scopre infra l fiume scolera le sue acque in pelaghi morti allora la rena e terra da esse acque portate si fermeranno ine predetti pelaghi e riempieranno le lor profondita in A 88. (See CL 16R 7-9 (4) and CL 21V 33-37 (4))	

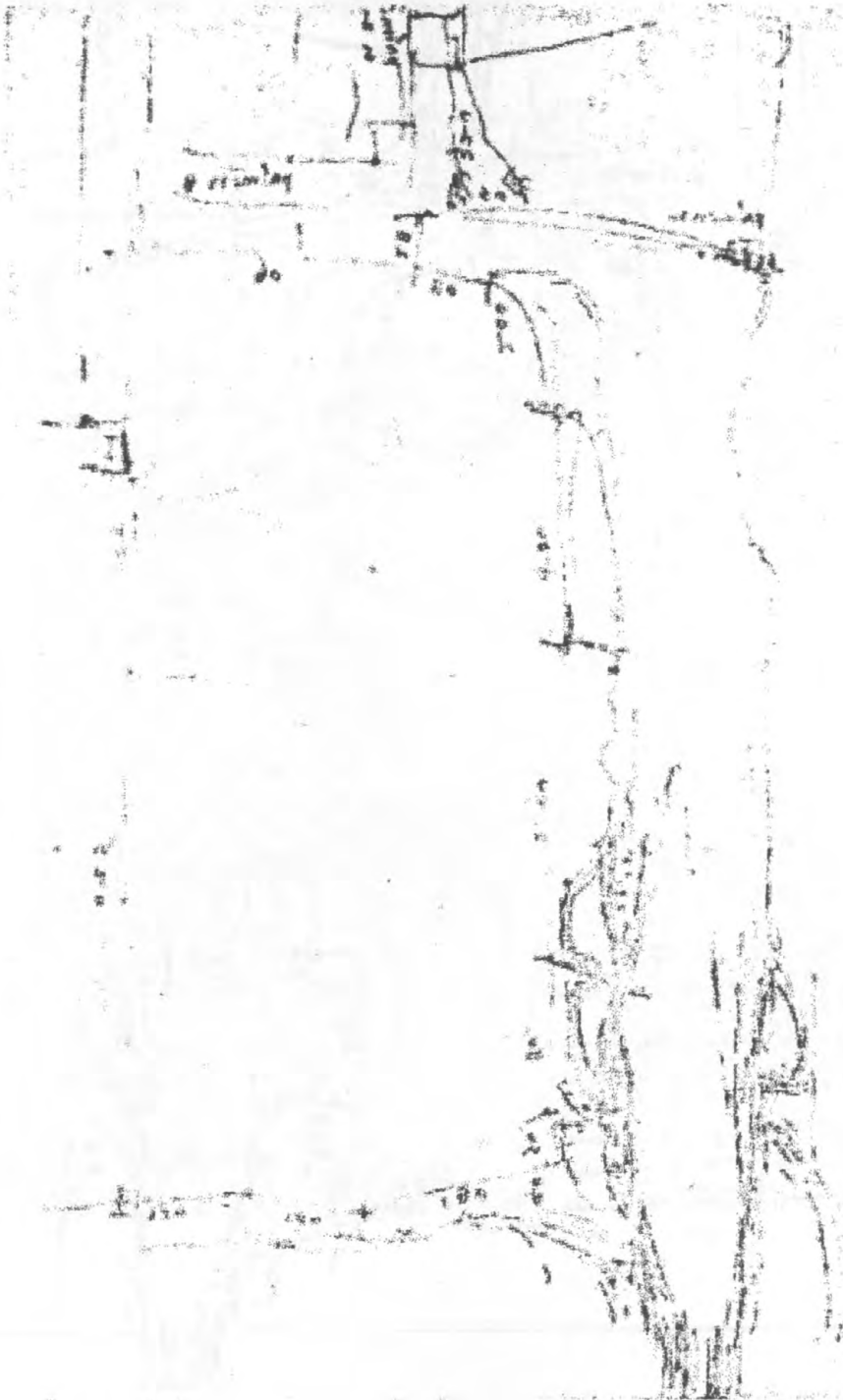
4

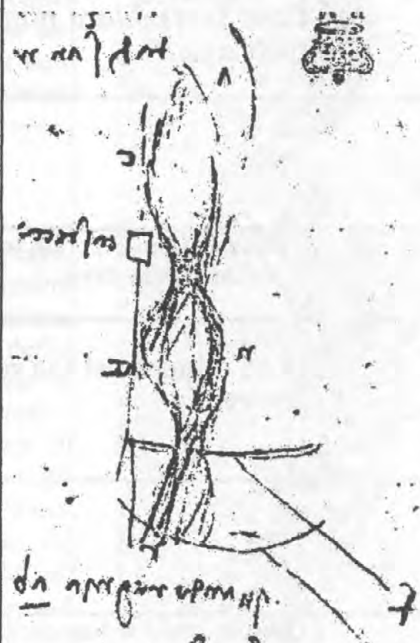
River with islands.

CAR 273R
D1



+ 2732.

4	River with islands.
CAR 273R D1	 <p>2732 +</p>

4	<p>"Quando regnja <i>ab</i> he <i>cb</i> l'acqua perchote in <i>ne</i> e ffa isola coperta . . ." Island which is inundated during floods. An engineering project, canal ? on left-hand side. Conditions of flow and transport of sediments are described</p>
<p>CAR 273V RHS Capovolto</p>	<p>Li mro delle casace si diriza alla porta di san njcolo</p> <p>casacce</p> <p>Quando regnja <i>ab</i> he <i>cb</i> l'acqua perchote in <i>ne</i> e ffa isola coperta tutto <i>b</i> <i>d</i> ho pon rena in <i>ndf</i> e lita in <i>ndf</i> e per le piene basse e cquando che regnj solo <i>a</i> <i>b</i> e l'acqua no po passare la ga posta lita per la gran piena in nello spatio <i>ndf</i> fa resistentia all'esito <i>edf</i> l'acqua <i>bd</i> ronpe in <i>d</i> e poi in <i>r</i>.</p> 

4.14

4	"scaricare i terreni , si ferman le pietre . . ." Terminology. Note the use of four different verbs for deposition of material	
CL 17R 4-6	Qual causa fa scaricare i terreni portati dalle acque piu nun loco che nell altro Dove <i>si riducano</i> li minuti legnami portati dall acque e dove i grossi Dove si ferman le pietre di diverse grandezze e dove la rena e dove il fango Dove <i>si rixchiara</i> prima lacque turbe e dove son lultime rischiarate	

6	" Dove il fiume . . lascia le diverse materie . . "Question about sedimentation in rivers.	
CL 17R 1	(Casi 29) Dove il fiume nel suo corso lascia le diverse materie da lui portate	

4	Question about sedimentation in river mouths	
CL 20R 14	Come la rena si scarica nelle foce de fiumi.	

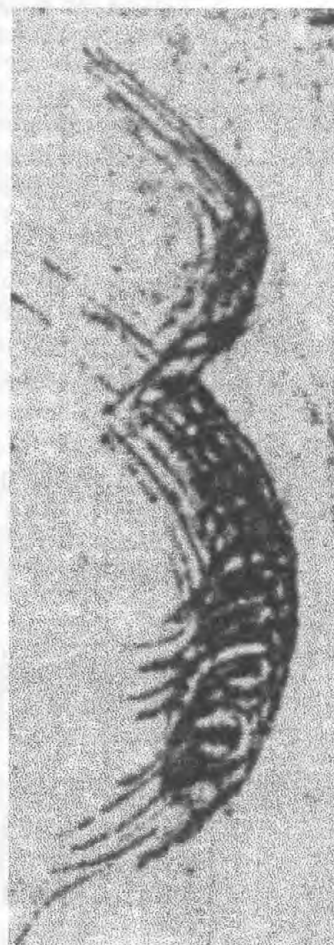
4	" Che cose son quelle che ne gradi della lunghezza de fiumi sono portati dalle sue acque . . . " Deposition of materials of different granulometry along the river.	
CL 20R 30-32	Che cose son quelle che ne gradi della lunghezza de fiumi sono portati dalle sue acque cioe dove i sassi grossi dove e mezzani e minuti e rena e lita e simile cose	

4 CL 29R 1-21 D1	"Dove la retitudine del corso dell acqua sara impedita quivi nasciera subita profondita". Where the flow is impeded sudden depth originates. (2-10 should probably be dropped from the final printing)
------------------------	---

Dove la retitudine del corso dell acqua sara impedita quivi nasciera subita profondita. (1)

Quello ch e detto achade perche quando il corso dell acqua e impedito eso fa perchussione nello obstachulo che llo impedisce (nessun mobile non po inmediate termjnare e consumare il suo inpeto) se gia non fusse ritenuto dal corpo da lluj penetrato e ancora in questo non termjna inmediate dopo la perchussio con co sia che l) La penetratione de mobili dentro alli loro obietti e consequentja nata dopo la sua perchwssione nella quale si consuma l inpeto del moto. ~~Onde per le assegnate ragioni si proba che ll acqua perchossa . . .~~
(2-10-

Ora lacqua alla quale e impedito il suo retto moto percote lobbietto che la impedisce e immediate nol potendo penetrarlo si refrette infra angoli quasi equali dopo la qual perchussione si divide e si fugge per diverse linie dall loco percosso delle quali quella che si leva infra laria acquista peso e ricade e penetra laltra acqua come cosa grave dopo la quale percote e consuma il fondo del fiume ma nella sua penetrazione e percossa dall acqua che corre sotto la sua superfizie e di grado in grado e ricacciata con moti triplicati inverso il loco che prima percosse. (Tre sono li aspetti del moto che fa lacqua refressa dalla sua perchussione dentro allacqua da lei penetrata). El primo moto e inverso il fondo dell acqua. Il 2° e inverso il loco dove lacqua si move. Il 3° e moto revertiginoso a uso di vite trivellando sempre largine e l fondo dove si confrega e sempre ripigliando le forse dalla succedente acqua refressa dal argine che dall aria sopra di lei discende e la risommergie con seco di novo al fondo.. (CL 29R 10 21)



10	"Sempre a pie dello obbietto che fa piegare il fiume fia gran profondita e a riscontro poca "	
CL 28V 27-28	Sempre a pie dello obbietto che fa piegare il fiume fia gran profondita e a riscontro poca	

4	'Lacqua che piu corre e piu potente e piu consuma il suo fondo. " "Concezioni" regarding the intensity of transport phenomena by currents in rivers.	
CL 16R 20-36	<p>Quando due correnti insieme sicontrano e che luna avanti esso scontro abbia percosso nell argine del fiume la profondita fatta nel detto scontro sara sotto il lato che non percose la riva in A87. (20-22)</p> <p>Concezione Lacqua che piu corre e piu potente e piu consuma il suo fondo.</p> <p>Concezione Lacqua che sara piu tarda piu scarica le cose che con seco portava inanti che essa si ritardassi. Quando due corrente insieme si riuniscano il piu tardo si vien ancora piu a ritardare onde piu scarica la materia che lo intorbidava la qual materia il ramo piu potente subito porta con se le cose che col suo corso confinano e cosi si fa subita profondita da fondo del fiume tardo al fondo del veloce. (22-27)</p> <p>Concezione Lacqua corrente cava il suo fondo e la pigra lo riempie. Sempre dinatni all ostaculo lacqua si tarda e la rena del fondo sinonda 74 in A.(27-28) (See CL 16V (6))</p> <p>Quando londe refresse dalle rive si scontran nel mezzo della corrente esse partoriranno un terzo moto refresso il quale risalta in alto e nel ricadere cade in moto partecipante della lunghezza e latitudine del fiume in Aa75. Ma quando i moti refressi che risaltano dalle rive si varian come nel continuo accade cioe da maggiore o minore potenza allora il terzo suo moto refresso che si fa nel nezzo del fiume cadera ora a destra e ora a sinistra cioe sempre inverso lantecedente refressione piu debole in A75 (28 -33).</p> <p>Quando lacqua della corrente percuote il fondo e risalta in alto sopra il comun corso del fiume essa non e piu sospinta o portata dall avvenimento del fiume perche si trova infra laria onde essendo la sua basa portata via per essere unita coll acqua che corre e per questo londa ch era infra laria viene a cadere indiriato (33-36)</p>	

4	<p>" e facean le pietre senza angoli in figura ritonda come ne liti dell Elba si dimostra e quelle rimanean piu grosse che manco s eran remosse dal lor nascimento e . . . " Transport of stones by river and sea waters. Erosion rounds the stones</p>	
<p>CL 31V 26-42 C.R. 7</p>	<p>Tutte l uscite dell acque dal monte nel mare portan con seco la ghiaia del m li sassi del monte in esso mare e per la inondazion dell acque marine contro alli sua argini monti esse pietre eran rebuttate inverso il monte e nell andare e nel ritornare indiriato delle acqua al mare le pietre insieme con quella tornavano e nel ritornare li angoli loro insieme si percoteano e come parte men resistente alle percosse si consumavano</p> <p>e facean le pietre senza angoli in figura ritonda come ne liti dell Elba si dimostra e quelle rimanean piu grosse che manco s eran remosse dal lor nascimento e cosi quella si facea minore che piu si rimovea dal predetto loco in modo che nel procedere si converte in ghiara minuta e poi in rena e in ultimo in fango. Di poi che l mare si discosto dalli predetti monti la salsedine lasciata del mare con alto omore della terra a fatto una collegazione a essa ghiara e rena che la ghiara in sasso e la rena in tufo s e convertita. E a di questo si vede lesempla in Adda all uscire de monti di Como e in Tesino Adice Oglio e Adriano dell Alpi de tedeschi e l simile dArno del monte Albano intorno a monte Lupo e Capraia dove li sassi grandissimi son tutti di ghiaia congelata di diverse pietre e colori.</p> <p>Quella cosa che sara piu lieve piu remota fia portata dalli fiumi dal loco onde le sue acque le tolsono e cosi la piu grave fia per minore spaxio remossa dal loco onde si divide.</p> <p>Quella percussione dell acqua piu lieve dell argine de fiumi la quale percote essa argine infra angoli piu equali e cosi de converso levera meno dove li angoli saran piu disformi.</p>	

4	" Alcuna volta lacqua de fiumi corre di sotto e non di sopra anzi torna in dirieto. " Currents and counter-currents, secondary flow, and distribution of sediments in a river.	
CL 19V 19-27	<p>La turbedine de fiumi correnti e piu potente e men veloce di sotto che di sopra e questo nasce che le cose gravi menate dal corso dell acque stanno piu vicine al fondo de fiumi che le lievi perche non si posson troppo levare a noto. (19-22)</p> <p>Scambiansi le velocita de corsi dal di sotto al di sopra dell acque e cosi dall una all altra riva. Alcuna volta lacqua de fiumi corre di sotto e non di sopra anzi torna in dirieto. Alcuna volta corre di sopra e di sotto no. Alcuna volta in mezzo e non di sotto ne di sopra. Alcuna volta di sotto e di sopra e non in mezzo. Altre volte corre in giu da un lato del fiume e dall opposita riva torna in dirieto. Alcuna volta luna e l'altra riva caccia in giu le sue acque e nel mezzo tornano in dirieto. (22-27)</p>	

4	" In alcuna parte sassi e non rena. In alcun altra rena e non sassi. . . " Different materials are deposited by rivers in different places locally and all along their courses.	
CL 19V 27-33	<p>Altre volte nel mezzo de fiumi lacque corrano in giu e dalle rive tornano inverso il nascimento del fiume. In alcuna parte del fiume si lascia sassi e rena. In alcuna parte sassi e non rena. In alcun altra rena e non sassi. In altre fango e rena. In altro fango solo. In altro fango e sassi. In alcuno non lascia altro che l fondo lavato e netto. In altri lascia legnami e frasche e radici di legname. In alcuno loco leva rodendo e consumando. In altri lochi discalza e ruina. In altri lochi fa subite profondita. In altri lochi fa subite secche. In alcuni lochi si divide in rami. In alcuni lochi si riunisce. Ne principi de fiumi sono le gran pietre. Nel 4^o del fiume son le ghiaie. Nel mezzo del corso del fiume son le rene. Nel ultimo del fiume si trovera il fango</p>	

4	" ove lacque si disgregano sara posata rena e llita . . ."Transport processes in rivers.	
Ms I 83V T1-2	<p>dove il fiume si risstrignje sara scortichato il fondo della sua terra e llasciati i sassi ol tufo scoperto del suo tereno.</p> <p>dove il fiume si rallarga sara posate le pietre pichole e la rena.</p> <p>dove il fiume forte sara allargato ivi scarichera il fango o llita el legnjame e altre cose lieve.</p> <p>dove piv corsi dacque concorano sara fatta subita concavita navale.</p> <p>dove lacque si disgregano sara posata rena e llita e alzato il fondo in figura di meza nave sotto sopra.</p> <p>sotto i balzi dell acque si fara colli di rena o pietre</p> <p>sotto le percusionj si leuera cio che sotto il balzo si ripone. (T1)</p> <p>dove lacqua truova piv alto il lago ostaculo sotto di se ivi fa maggiore onda e piv alta e poi piv bassa cava. (T2)</p>	

4	" .ello comicia colla sua debole inondatione a scorticare e llevare le cose piv lieuj e lle scaricha dove il corso si fa debole e cressciendo leua cose piv gravi . . " Transport processes during floods in rivers	
Ms I 83R T1-3	<p>Quando lacqua per le piene comjncia a trovare locho doue essa possa correre ello comicia colla sua debole inondatione a scorticare e llevare le cose piv lieuj e lle scaricha dove il corso si fa debole e cressciendo leua cose piv gravi come rena e lla conduce sopra le prime cose e lli la lasscia e benche llacqua non cresciessi pure per la perseueranza va leuando pure di mano i mano del locho donde corre ma per la loro graveza no lle conduce tanto inanzi quanto le prime piv lieuj e sse pure leua poi cose piv grievi essa proportionevolmente le sscaricauj cino al loco donde le tolse.(T1)</p> <p>del rendere il terreno ai lochi scopertj escodicati dai corsi dell acque in colle o in montagnja o altre spiagie. (T2)</p> <p>debesi per le piogie overamente avendo comodita di altre acque fare passare canali o bocche di fiumj per lochi donde passino con gran corso in modo che sabbino a intorbidare della terra che leuano e adattare che quando e sono al loco dove tu voi ch egli scarichino detta terra e tallj canali dacqa si diuidino i molti piccoli ramjcellj dacque a modo di solchi e lla lor furia si tarda e risciara. (T3)</p>	

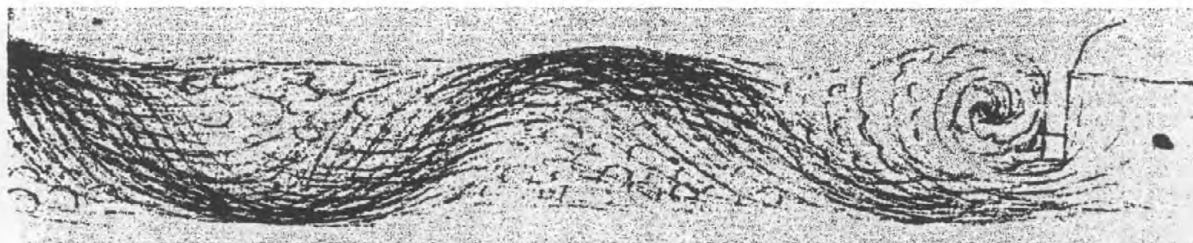
4	" Quando i fiumi son grossi per li lor diluvi tutti i lochi bassi son riempiuti di materia ." Fluvial transport processes during high and low waters.	
CL 18R 9-14	Quando i fiumi son grossi per li lor diluvi tutti i lochi bassi son riempiuti di materia. E quando i fiumi sabbassano portan via le rene e materie da lor lasciate. I rami de fiumi dopo i diluvi in gran parte si mutano per la rena che dall isole che partan tal rami lun dall altro vi rimane la qual rena i fiumi disgrottano e ruinano e ritornan nel primo sito o presso	

4
Ms A-63V T1-2 D1

"... ruine e conquassamenti dell argini." Erosion of margins by meandering rivers.
Analogy with cannon destruction of walls.

I serpeggianti corsi dell acque che son causati da risaltamenti delle percussioni da lei fatti in fra l argini caveranno il letto del fiume sotto se piu che nessun altra parte e nelle lor percussioni fieno di gran profondita e lacqua che per esse profondita s aggira e cagione di concavamenti e ruine delle combattute argini.

E si vede chiaramente e si conosce che le acque che percuotano le argine de fiumi fanno a similitudine delle balle percosse ne muri le quali si partano da quelli per angoli simili a quelli della percussione e vanno a battere le contra poste pariete de muri. Così queste acque fatte le prime percussione infra l argini risaltano alle opposite e li fanno gran percussione e concavamento perche in esso loco e maggiore concorso d acque. La ragion si e che lacqua che risalta da un argine all altra cava quella parte del fondo del fiume che si trova sotto a lei e l altra acqua del fiume che non po essere ricevuta in questa bassezza resta sospinta e rebuttata alquanto per lo diritto del fiume e poiche fia mandato in lei la fuga si ritorna al suo naturae corso cioe che trovandosi il fondo del fiume piu basso sotto le torte vie fatte per le sopra dette percussione dell acque questa seconda acqua che a persa l accidentale fuga ripiglia il corso suo naturale e cade a lochi bassi del fiume e percote l argini nel medesimo loco dove si fa la percussione de sopra detti risaltamenti. Essendo detta argine combattuta da 2 diverse percussione li si causa maggior concavita perche l una percote l argine di sopra e l altra di maggiore declinazione rode e discalza l argine in fondo. E questa e cagione delle sopra dette ruine e conquassamenti dell argini.

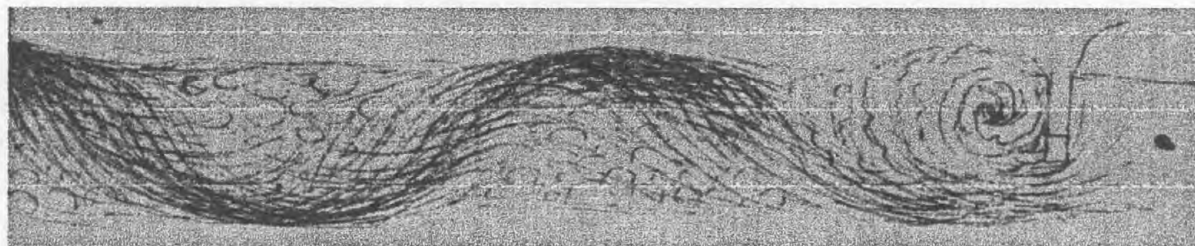


4
Ms A-63V T1-2 D1

"... ruine e conquassamenti dell argini." Erosion of margins by meandering rivers.
Analogy with cannon destruction of walls.

I serpeggianti corsi dell acque che son causati da risaltamenti delle percussioni da lei fatti in fra l argini caveranno il letto del fiume sotto se piu che nessun altra parte e nelle lor percussioni fieno di gran profondita e lacqua che per esse profondita s aggira e cagione di concavamenti e ruine delle combattute argini.

E si vede chiaramente e si conosce che le acque che percuotano le argine de fiumi fanno a similitudine delle balle percosse ne muri le quali si partano da quelli per angoli simili a quelli della percussione e vanno a battere le contra poste pariete de muri. Così queste acque fatte le prime percussione infra l argini risaltano alle opposite e li fanno gran percussione e concavamento perche in esso loco e maggiore concorso d acque. La ragion si e che lacqua che risalta da un argine all altra cava quella parte del fondo del fiume che si trova sotto a lei e l altra acqua del fiume che non po essere ricevuta in questa bassezza resta sospinta e rebuttata alquanto per lo diritto del fiume e poiche fia mandato in lei la fuga si ritorna al suo naturae corso cioe che trovandosi il fondo del fiume piu basso sotto le torte vie fatte per le sopra dette percussione dell acque questa seconda acqua che a persa l accidentale fuga ripiglia il corso suo naturale e cade a lochi bassi del fiume e percote l argini nel medesimo loco dove si fa la percussione de sopra detti risaltamenti. Essendo detta argine combattuta da 2 diverse percussione li si causa maggior concavita perche l una percote l argine di sopra e l altra di maggiore declinazione rode e discalza l argine in fondo. E questa e cagione delle sopra dette ruine e conquassamenti dell argini.

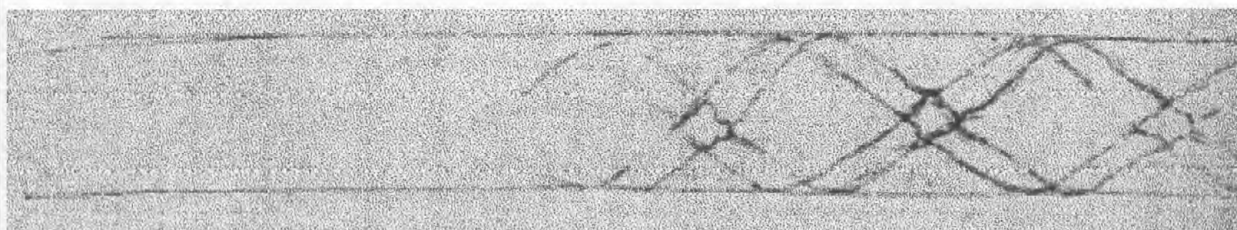



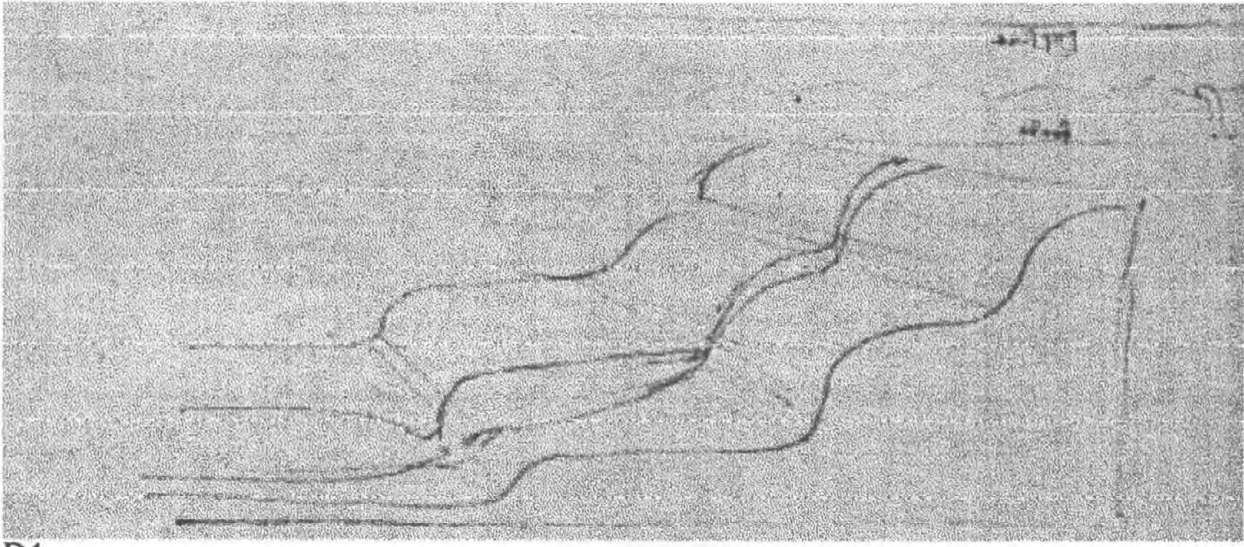
<p>4</p> <p>Ms C 25 V T2-4 D1</p>	<p>" fiumj che si moueranno chontra i chorsi de uentj fieno di tanto maggiore chorso di sotto che di sopra quanto la sua superfitie si fa piv tarda essendo sossopinta da ventj . " Fluvial rtransport hydraulics; wave patterns, erosion, variable slope</p> <p>In MsC 25D,s everal interesting, and far from simple, fluvial phenomena are described; not very clearly, however. Translating correctly this page will be a challenge for translators who vould not know hydraulics. In fact, the entire "Libro dell' Acqua" constitutes a challenge for translators of any kind !</p>
---------------------------------------	---

L onde de fiumj che choreranno chontro aj chorsi de uentj fieno di tanto maggiore emjnentja chell altre. (T2)

fiumj che ssi moueranno chontra i chorsi de uentj fieno di tanto maggiore chorso di sotto che di sopra quanto la sua superfitie si fa piv tarda essendo sossopinta da ventj che prima (T3)

La ragion di questo sie che essendo i fiumj dequale profondita e llatitudine di pari chorso in sul fondo che in superfitie neciessaria chosa e che lla richalcitracione che ffa il uento in chontro alla chorente superfitie faccia quella tornare in dirieto e non bastando a esse onde alquanto eleuarsi in alto che al fine chadendo entra sotto laltra e vanno al fondo dove trovando laltra chorente del fondo sachonpagnja chon essa e perche largine non ne chapacie di questa mvltiplicatione e neciessario che esso fondale chorso si radopi se non lacqua si uerebe a eleuarsi molto fori dell arginj dessi fivmj. (T4)



<p>4</p> <p>Ms C 25V T5-7 D2-4</p>	<p>Fluvial transport hydraulics; wave patterns, erosion, variable slope</p> <p>Several interesting and far from simple fluvial phenomena are described, not very clearly, on this page. Translating correctly this page will be a challenge for translators who would not know hydraulics. For instance, in T4, Leonardo seems to describe waves which would tend to go beyond the limiting wave, and that will break. Similar problems in other passages need investigation knowledgeable translators.</p>
<p>a. sie lacqua della superfitie .b. viene a essere lacqua che chorre sulla superfitie del fondo.Ms C 25V (T5)</p> <p>la cosa posta nell argine i mezo all alteza della corente acqua fia ruina dello mezo della oposita riva. (T6)</p> <p>Quell acqua che chorre per locho di diuerse qualita di piano doue men la sstrada ritta li lacqua piv sallarga. (T7)</p>	
<p>D2</p>	
<p>D3</p> <p>D4</p>	

4	"Quella parte del fiume sara piu ripiena di materia Quella parte del fiume sara piu ripiena di materia . . ." Sedimentation occurs away from main current.	
CL 15V 41-42	Quella parte del fiume sara piu ripiena di materia la quale e piu distante alla sua principal corrente	


4	" Per qual lato sempiera la bocca d una foce di fiume . . ." Sedimentation at the mouth of a river. Question.	
CL 12R 31-32	Per qual lato sempiera la bocca d una foce di fiume volto a mezzo di traendo ponente o libeccio o mezzodi o voi scilocco o levante	

4	" Dove il fiume che corre torbido passera per alcun padule . . ."Deposition of sediment as a river crosses a marsh.	
CL 24V 39-40	Dove il fiume che corre torbido passera per alcun padule esso riempiera e ammunira il fondo di tal padule lasciando a se stesso soffiziente canale	

<p>4</p> <p>Ms F 7R T4</p>	<p>"... in tanti vari lochi quante fien vari li penellj de colli delle giare che son lassati nel fondo . . ." "Gravel deposits in floods and currents in river"</p> <p>In T4, we have what seems a clear description of the complex time-dependent behavior of rivers. I believe that 'corrente' means here the flow during floods. There is a word, 'pennelli', that Ravaisson-Mollien [1889] considered intractable, and thought that it must have been written inadvertently instead of 'pendii'. I think that Marinoni [1989] is right in assuming that Ravaisson-Mollien was wrong, but for the wrong reason. I do not believe this is a question of Leonardo meaning to use a metaphor! I am amazed at the eagerness for appealing to metaphors in our times. I have some technical dictionaries in addition to some knowledge of the technical terminology in hydraulics, and I confirmed in my old Schlomann-Oldenburg [1915] that 'pennello' stands for what Italian engineers introduced in Argentina, when I was a student of engineering, as defenses for bridges. 'Pennello' means also a hydraulic constructive element.</p> <p>For Ms F 7R, Marinoni [1988] included the following comment: "... Tuttavia da 'pennelli' a 'pendii' la distanza sembra graficamente eccessiva anche per una distrazione. E se fusse una metafora dovuta alla forma di quelli 'colli' ? ". [See Ravaisson-Mollien 1889].</p> <p>In Ms F 7R, Ravaisson-Mollien transcribed correctly 'penelli', but then in French he used "pentes" with a footnote saying: " Pennelli, pinceaux, paraît être ici, par distraction: 'pendii', pentes". [See Marinoni 1988].</p>
--------------------------------	--

one sta equale vn fiume perche dopo le corente si scarica giara e dopo quella si genera vn altra corrente ~~la figura~~ il moto della quale si dirizera o llargine o al mezo o in tanti vari lochi quante fien vari li penellj de colli delle giare che son lassati nel fondo dopo le predette corente. (T4)

<p>4</p> <p>Ms G 49V T2</p>	<p>" La terra levata dalli fiumj si scaricha nelle vltime parte . . . " River sediments settle in last part of their course. The title os this page is "Della vibratione della terra" !. Marinoni commented on the inconsistency.</p> <p>La terra levata dalli fiumj si scaricha nelle vltime parte delli lor chorsi Overo la terra leuata da li altri corsi de fiumj si scaricha nell ultime basseze delli lor moti eorsi . (T2)</p>
---------------------------------	--

<p>4</p> <p>Ms H 30R T1-3D1</p>	<p>" dove lacqa ara mjinor moto la superfitie del suo fondo sara di piv sottile lita o rena . . . " Patterns of deposition in rivers.</p> <p>tutte le cose che sson piu legieri che lla rena resterano di uerso labasseza del fiume socto il principio della decljnation dell onda.(T1}</p> <p>dove lacqa ara mjinor moto la superfitie del suo fondo sara di piv sottile lita o rena. (T2)</p> <p>dove il corso della dorbida acquatione delle boscjne jvi per lemolte revulutionj de retrosi scaricera molta sabbia o lljta. (T3)</p>	 <p>D1</p>
-------------------------------------	---	--

4

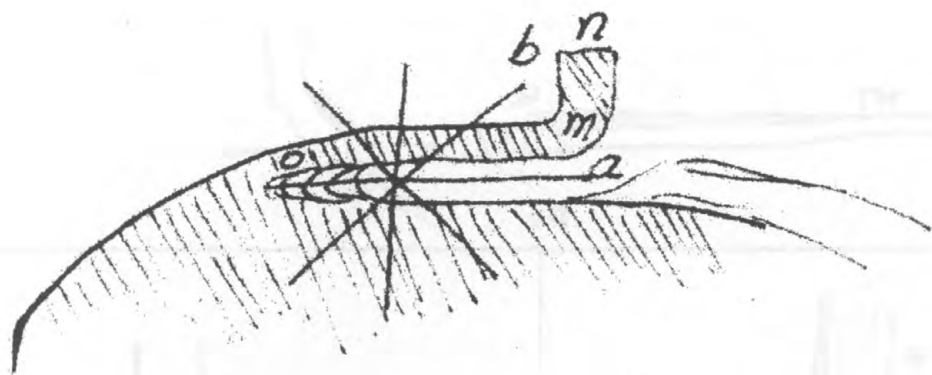
CA 457R
c.1513-14
(167aV)

"Tre sono li uenti che pieghano a ponente li fuimj che versano i nel mare mediterano per li liti che ghuardano mezzodi. " Wind action on dunes at the mouth of rivers.

Marinoni: azione dei venti e delle onde sulla rena alla foce dei fiumi colla formazione di 'tomuli' 9 dune subacquee) Nella meta superiore il moto dell'acqua dei fiumi e che sfociano nel mare: solo quella che supera il livello marino si muove.

Figura di costa marina con duna: n - b - m - o a - d

Tre sono li uenti che pieghano a ponente li fuimj che versano i nel mare mediterano per li liti che ghuardano mezzodi. Pruovasi chosi la rena che e venti chacia nell'acqua non e piu in potessta de ventj per ese(r) lei agravata dell'acqua che lla chopre e ffalle scudo contro a essi venti adunque il fiume *nm* che versa in mare a mezo(di) pigliera principio all'moto di ponente spirando il uento detto grecho e lleuante e sscirocho li quali in diuersi tenpi spinghano la rena secha del lito e lla gittano in mare la quale si somergie e ssi stabilisce sopra il fondo del mare. Ma aqujlone detto grecho la gitta a llibeccio e sscirocho la gitta a maesstro. Ma ll'onde meridionali perchotitricie del lito rigitta tal rena in verso il fiume e l fiume la refrette in vero il mare e doue l'onde refrese dal lito si scontrano chol onde che venghano al lito. Quivi si ferma il moto d'esse onde e per questo manca la potentia del lor moto adunque la rena intorbidatrice dell'acqua dissiende al fondo e cquesta rena che ffa di se argine e ppiegha a pponente il preducto fiume perche non piegha il corso del preducto fiume chosi a oriente chome all'occidente. Perche e provato il mare correre allo occidentale e non all'oriente adunque noj fareno vn ponte largo e bbasso quanto il lito di grossi panchoni.



4

CA 457Rc.1513-14
(167aV)

"De fiumj che versa l acque in mare." . . . "De fiumj diritti."

Metà superiore, foglio capovolto:
De fiumj che versa l acque in mare.

Due figure, la seconda con: m a - r n

*Delle acque rette d equal chorso e llargheza sopra pian fo(n)do e distantia dal mare quella si fara piu declinante superfitia alla qual fia aggiunto piu abundante quantita d acqua.

Figure nel margine:

De fiumj diritti.

Quell acqua he di piu tardo chorso che e pu presso al fondo essendo il fondo piano e di larghezza vniforme.

De fiumj che anno il fondo piu basso che lla superfitie dell acqua marina non ne chorre se non quell acqua ch e sopra essa marina (~~aequa~~) E cquessto ci (e) manifesta per la nona che dicie l acqua d equale alteza non a per se moto e per la conversa ara moto quella che e d alteza inequale con tanta maggiore o mjnore velocita quanto la inequalita fia di maggiore on mjnore differentia.

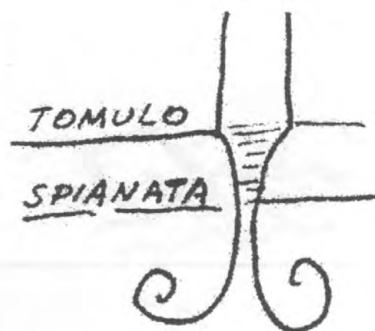
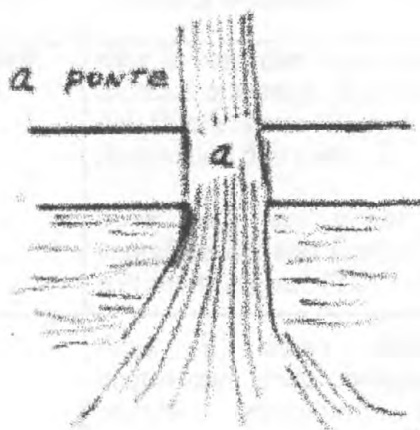
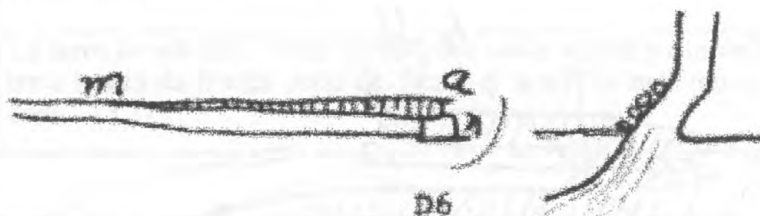
Delle acque che da una alteza a vna medesima basseza disciendano con equal quantita e llungheza di corso La disgreghabile sara piu velocie che lla conchorrente e cquessto nasscie che lla dissregabile acquista piu decljnatione che lla choncorrente.

Nel margine

Figura con: tomulo spianata

Figura colla lettera a

a ponte



D7

4	"Come non sono sempre le secche delli fiumi dove ai vede minuzzare lacque . . . " Wave patterns in sumerged dunes of rivers with and without wind.	
CL 12V 39-42	Come non sono sempre le secche delli fiumi dove ai vede minuzzare lacque anzi sono percussioni di venti che battano in tal sito. Come il tritamento delle acque ara larghezza delle sue onde per quel verso dove le acque divise dalla detta secca insieme si giungano cioe che le lunghezze di tali onde saran pel verso della lunghezza della secca coperta	

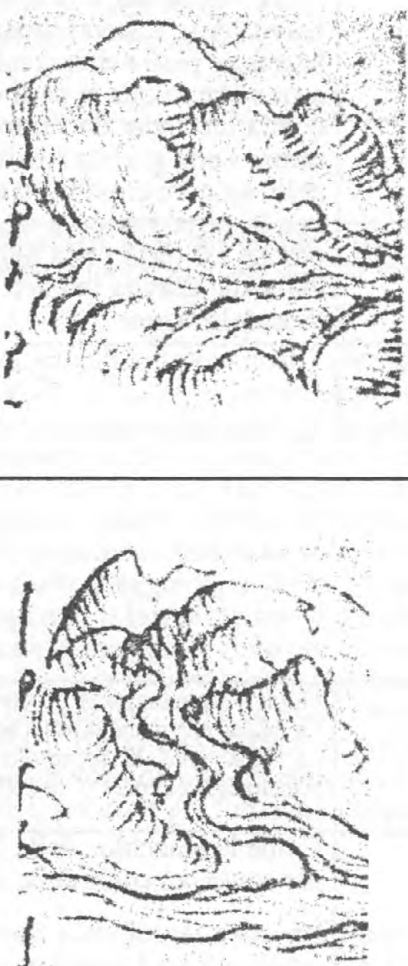
4.15


4	" e li fiumi co lor vagabundi corsi portorono via le alte pianur incluse dalli monti . . " Morphological role of rivers.	
CL 1V 1-5	Come le valli furon gia coperte in gran parte da laghi no perche sempre il suo terreno fece argine a fiumi e da mari i quali poi colla perseverazione de fiumi che creava l'acque chè nelli m[. . .] segorono li monti e li fiumi co lor vagabundi corsi portorono via le alte pianur incluse dalli monti e le segature de' monti sono note per le falde delle pietre che si conrispondano nelle lor tagliature fatte dalli detti corsi de fiumi.	

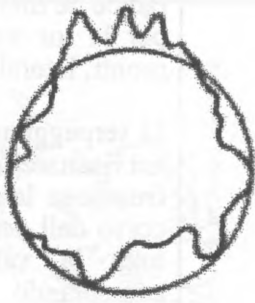
4	"Adunque il centro del mondo si fara piu vicino alli antipodi nostri alleviandosi di qua il peso dell acqua che si parti e le cime de monti . . ." Variation of the center of the world by the transport of a big river (Nile).	
CL 32V 20-38	<p>Adunque il centro del mondo si fara piu vicino alli antipodi nostri alleviandosi di qua il peso dell acqua che si parti e le cime de monti piu s innalzeranno da esso centro: insino a tanto che li fiumi che s accompagneranno col Nilo dopo molto discorso per la gran piana donde il Mediterano si divise portera per lo stretto di Gibilterra tutta la parte del terreno che l intorbida e col tempo porran tanto di terreno nel oceano dopo lo stretto di Gibilterra quanto si trova infra la Libia e l mare e l Alpi e detto mare e cosi di novo il centro del mondo si fara piu vicino al centro del peso accresciuto all oceano e le parte alleggerite si faran piu remote da esso centro. Ecco adunque concluso che quanto il terren da noi si remove piu s alleggerisce le nostre regioni per conseguenza piu egli si rimovan dal centro del mondo e lacque piu li consumano e piu di novo li fa lievi e cosi seguira insino a tanto che tutta la terra scoperta sara portata al mare dal Nilo e da fiumi che dentro vi versan. E cosi la terra che si truova infra li fiumi che versan al presente nel Mediterano saran dal Nilo insieme coll acque torbide che lui rimena a l oceano portate. Ecco che l mare ritornera a ricoprire li siti dove gia furon le radici e base de monti e coprira la terra. (20-34)</p> <p>(In margine) Non si nega che l Nilo al continuo non entri torbido nel mare d Egitto e che tal turbulenzia non sia causata dal terren che esso fiume leva al continuo de lochi onde passa el qual terren mai ritorna indiriato ne l mare lo ricieve se nollo rebutta alli sua liti vedi il mare arenoso diriato al monte Attalante dove gia fu coperto dacqua salsa. (35-38)</p>	

4	The Mediterranean . . " portera per lo stretto di Gibilterra tutta la parte del terreno che l'intorbida . . " Through the straits of Gibraltar a large mass of earth will end up in the ocean. "	
CL 32V 14-20	Se l' Mediterraneo mare si parte del suo sito esso inalza la spera dell' acqua e occupa nuovi valli onde il centro della gravita di tale accrescimento fia circa alli antipodi e cosi di la cresce peso e di qua manca tutta la quantita del peso dell' acque che di qua si parti e benche tal sito sia riempito di quella terra che da fiumi fu in esso Mediteran portata el centro della gravita sua fia per opposito a quel della spera nelli antipodi cresciuta e cosi di qua non si cresce gravezza per la terra remossa al sopplimento del cacciato mare perche tal terra resta nel nostro emisferio cioe il centro della sua gravita ma ben e vero che ci diminuisce tutto il peso delle acque.	

4	Moon morphology and its streams. La figura, alla quale si trova addossato questo frammento, corrisponde ed appartiene al principio del testo, che occupa la colonna principale; vedi p.21 l. 8 e 27. Figure is abiut enciubter of rivers.	
CL 5R 46-47	Come le macchie della luna son variate da quel gia furon per causa del corso delle sue acque	

<p>4 CAR 161R D1-2</p>	<p>"Come li fiumj allargano le lor ualli . ."</p>
<p>Acqua Come li fiumj allargano le lor ualli e consumano le radici de lor monti lateralj</p> <p>Le base de chollj nel profundare delle lor vallj si piegano dirieto alla fugha del fiume come se volesi ridimandare al rapido fiume il teren che quello gli toglie.</p> <p>Questi nasscie per la 19^a di questo che dice il corso del fiume consuma da un lato della basa del monte doue perchote e rende dall oposita parte doue refrette</p> <p>Il fiume delle gran valli muta il suo letto Li fiumj delle gran vallj fan tanta magiore mutationj dellj lor lettj quanto e son piu remoti dalle radici de montj provasi per 9^a di questo che dice li massimj fiumj corran per le massime vallj da llor create e per la lor magnjtudine consumano al continuo l onde delle loro arginj riportandole senpre dirieto al corso del fiume e resto si dira a suo locho etc.</p> <p>De le mutationj delle foci de fiumj Le foci de fiumj al continuo si piegano e disciendano dirieto al corso de llor massimo fiume e cquesto nasscie per la superiore che dice l acqua leua dell onda dell argine doue perchute e rende dall oposito lato dove refrette</p> <p>Le valli al contnuo si profundano Le valli al continuo s allargano e profundano e lli fiumj al continuo muta i llor sito.</p>	

4	<p>"Come li fiumj allargano le lor ualli" Il moto fressuoso de fiumi per le lor valli percote e consuma le radice de monti.. ."</p>	
<p>CAR 168V D1</p>	<p>Acqua Come li fiumi allargan le valli e consumano le radice de monti laterali. Il moto fressuoso de fiumi per le lor valli percote e consuma le radice de monti. laterali.</p> <p>Li serpeggiamenti che ffan li fiumj per le lor valli nel risaltare dall uno all altro monte fanno l argine fressuosa la quale fressuosita si move insieme col corso dell acqua e con lungheza di tenpo ricerca tutta la valle se non sono impedita quella aumentando in lughezza e profondita e dimjnuendola in larghezza.</p> <p>Sia la ualle <i>a c k h</i> ne la quale scorre il fiume fressuoso <i>a c e g k</i> dico che l argine son della medesima fressuosita del fiume e si movano insieme coll corso dell acqua coe che lla parte sua <i>a c</i> consumera l argini di sotto insino al <i>b d</i> e cosi l argine <i>c e</i> insino al <i>d f</i> he l <i>e g</i> insino al <i>f h</i> e con questa regola tal serpeggiamento ara ricercho tutta la valle e ll avmentera lungeza e profondita perche i fiume al continuo consuma le radice del monte donde handra nella valle e lla profonda perche porta con seco il terren che lla intorbida e ristigne il fondo della valle perche nel profundarla la materia laterale de monti richade a ppiedi de collj scalzati ell e parte piu lieve si fugano insieme colla acqua e le piu grave si fermano ne lati d essa valle -----</p> <p>Del moto dell onde dell argine dirieto al corso del fiume</p> <p>Del moto dell onde dell argine dirieto al corso del fiume</p> <p>Quando la prima onda dell argine si parte di uerso il principio del fiume immediate si genera la seconda onda seguitando la prima e cosi fa la 3^a e la 4^a sucessivamente seguitando come dire quando l onda della riva <i>c e</i> e discesa al <i>d f</i> immediate l onda <i>a c</i> e discesa in <i>b d</i> e cosi fan sucessivamente.</p>	

4	"quando la uale piv si profonda piv si consumma de sua lati.	
Ms L 76R T1-6 D1	<p>le somjta de montj per lungo tenpo senpre si nalzano(T1)</p> <p>i lati oppositi de montj senpre saujcinano (T2)</p> <p>le profondita delle uallj le qualj son sopra las spera dell acqa per lungo tenpo senpre sapropinquano al centro del mond (T3)</p> <p>in equal tenpo molto piv si profundano le uallj che non salzano i montj (T4)</p> <p>le base de montj senpre sil fanno piv strette (T5)</p> <p>quanto la uale piv si profonda povsi consunma de sua lati in piv brieve tenpo (T6)</p>	

4	" Il fiume muta piu spesso il letto ne lochi piani e di tardo corso che nei monti e . . " Change of course in a river happens more often in the plains than in the mountains.	
CL 19V 34-37	Il fiume muta piu spesso il letto ne lochi piani e di tardo corso che nei monti e di veloce corso e questo accade perche la materia e lasciata dal fiume nel piano perche in tal loco li manca limpeto e scarica il terreno e fattosene ostaculo e necessario che lui muti sito il che non acade ne lochi montuosi tanto spesso	

4	" Gran somma di nichì si vede dove li fiumi versano in mare perche in tali siti . . " Transport by rivers, and seas, of shells of different kind.	
CL 9R 27-47	<p>Gran somma di nichì si vede dove li fiumi versano in mare perche in tali siti lacque non sono tante salse per la mistion dell'acque dolci che con quelle suniscano e l' segno di ciò si vede dove per antico li monti Appennini versavano li lor fiumi nel mare Adriatico li quali in gran parte mostrano infra li monti gran somma di nichì insieme coll' azzurrigno terren di mare e tutti li sassi che di tal loco si cavano son pieni di nichì. Il medesimo si cognosce avere fatto il val d'Arno Arno quando cadea del sasso della Golfolina nel mare che dopo quella non troppo basso si trovava perche a quelli tempi superaba l' altezza di San Miniato al Tedesco perche nelle somme altezze di quello si vede le ripe piene di nichì e ostrighe dentro alle sue mura non si distesono li nichì inverso Val di Nievole perche lacque dolci d'Arno in la non si astendeano.</p> <p>Come li nichì non si partiron del mare per diluvio perche lacque che di verso terra venivano al mare ancora che esse tirassino il mare in verso terra esse eran quelle che percoteano il suo fondo perche lacqua che vien di verso terra a più corso che quella del mare per conseguenza e più potente entra sotto l'altra acqua del mare e rimuove il fondo e accompagna con seco tutte le cose mobile che in quella trova come son e predetti nichì e altre simile cose e quanto lacqua che vien di terra e più torbida che quella del mare tanto più si fa potente e grave che quella adunque i non ci veggo modo di tirare e predetti nichì tanto infra terra se quivi nati non fussino.</p> <p>Se tu mi dicessi il fiume Era (Loire) che passa per la Francia nell' accrescimento del mare si copre più di ottanta miglia di paese perche e loco di gran pianura e l' mare s' alza circa braccia 20 e nichì si vengano a trovare in tal pianura discosto dal mare esse 80 miglia qui si risponde che l' frusso e refrusso ne nostri mediterani mari non fanno tanta varietà perche in Genovese non varia nulla a Vinegia poco (See CL 13R 7-8 (2)) in Africa poco e dove poco varia poco occupa di paese</p>	

4	"Perche i fiumi sempre entran turbidi lita infra le acque salse e sempre il mare a . . ." Comparison of sediments in rivers and seas.	
CL 20R 7-8	Perche i fiumi sempre entran turbidi lita infra le acque salse e sempre il mare a ai sua liti arida e ruvida rena	

4	" E quella parte della terra s e fatta piu lieve per la quale e passato maggior concorso dacque. . . " Transport of sediments to the sea by different Alpine rivers Rodano, Danubio, Reno, Po.	
CL10R 1-10	Il moto del centro della gravita della terra e nato dal moto della terra portata dalle acque dov ella non era e quivi a aggravato e alleggerito dond ella si remosse. Questo si vede manifesto che sempre i fiumi portano con seco la terra che li intorbida insino al mare dov ella poi posando la terra si rischiara per lo qual cammino e passata tutta la terra che manca alle valli de monti e corsi de fiumi. Quella parte della terra s e piu alienata dal centro del mondo la qual s e fatta piu lieve. E quella parte della terra s e fatta piu lieve per la quale e passato maggior concorso dacque. Essi adunque fatta piu lieve quella parte donde scola piu numero di fiumi come l Alpi che dividano la Magna e la Francia dalla Italia delle quali escie il Rodano a mezzodi e il Reno a tramontana il Danubio over Danoia a greco e l Po a levante con innumerabili fiumi che con lor s accompagnano i quali sempre corran torbidi della terra da loro portata al mare.	

4	<p>" Come li fiumi an tutti sega e divisi li membri delle grand Alpe luno dall altro e . . "</p> <p>Several topics regarding large scale morphological erosion and sedimentation by rivers.</p>	
CL 10R 15-25	<p>Come le Alpe Galliche son la piu alta parte de l Europa.</p> <p>Come le radici settantrionali di qualunque alpe non sono ancora petrificate e questo si vede manifestamente dove i fiumi che le tagliano corrano in verso settantrione li quali taglian nell altezze de monti le falde delle pietre vive e nel congiugnarsi colle pianure le predette falde son tutte di terra da fare boccali come si dimostra in Val di Lamona fare al fiume Lamona nell uscire del monte Appennino far li le predette cose nelle sue rive.</p> <p>Come li fiumi an tutti sega e divisi li membri delle grand Alpe luno dall altro e questo si manifesta per lo ordine delle pietre faldate che dalla sommita del monte insino al fiume si vede le conrispodenze delle falde essere cosi da lun de lati del fiume come dall altro.</p> <p>Come le pietre faldate de monti son tutti e gradj de fanghi posati lun sopra laltro per le inondazioni de fiumi.</p> <p>Come le diverse grossezze delle falde delle pietre son create da diverse inondazioni de fiumi cioe maggiori ondazioni o minori.</p>	

4	<p>"...le piene d Arno torbido in quel mare versava e di tempo in tempo sinalzava il fondo al mare il quale a gradi producea essi nichì come si mostra nel taglio di Colle Gonzoli deripato dal fiume d Arno ..."</p> <p>Leonardo opposes the order that usually accompanies biological processes to the randomness of purely mechanical transport</p>	
CL8V 31-44	<p>A presso a dove li fiumi cascavano in mare in gran profondità come Arno che cadea della Golfolina a presso a Monte Lupo e quivi <i>lasciava la ghiara</i> la quale ancor si vede che s e insieme ricongelata e di pietri di vari paesi nature e colori e durezza se n e fatto una sola <i>congelazione</i> e poco piu oltre la congelazione della rena s e fatto tuffo dov ella saggirava inverso Castel Fiorentino piu oltre si <i>scaricava il fango</i> nel quale abbitava i nichì il quale sinalzava a gradi secondo che le piene d Arno torbido in quel mare versava e di tempo in tempo sinalzava il fondo al mare il quale a gradi producea essi nichì come si mostra nel taglio di Colle Gonzoli deripato dal fiume d Arno che il suo piede consuma nel qual taglio si vede manifestamente li predetti gradi de nichì in fango azzurreggiante e vi si trova di varie cose marine (31-40)</p> <p>Essi alzata la terra del nostro emisferio per tanto piu che non solea per quanto ella si fece piu lieve delle acque che le mancorono per l taglio di Calpe da ttille e altrettanto piu s e alzata perche il peso dell acque che di que mancorono saggiunsono alla terra volta all altro emisferio (40-43)</p> <p>Interpolation</p> <p>E se li nichì fussino <i>stati portati dal torbido diluvio</i> essi sarien misti separatamente l'un da l'altro infra l fango e non con ordinati gradi a suoli come alli nostri tempi si vede (43-44)</p>	

LEONARDO DA VINCI

LIBRO DELL'ACQUA

5. DELLE NATURE DE FONDI

**Diferentia del corso e de consumamento
che fanno li fiumj
co coran per le strette vallj
ac quellj che per le gran pianvre s astendano**

CA 201R


5. DELLE NATURE DE FONDI

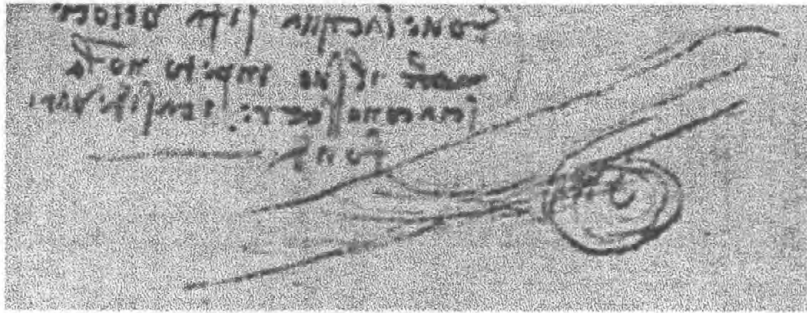
5.1

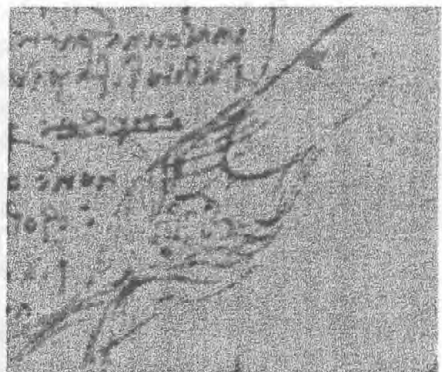
5	"Della natura de <i>fondi</i> delle acque . . ."	
CL 17V 27	Della natura de <i>fondi</i> delle acque e del moto che essa acqua fa in quella	

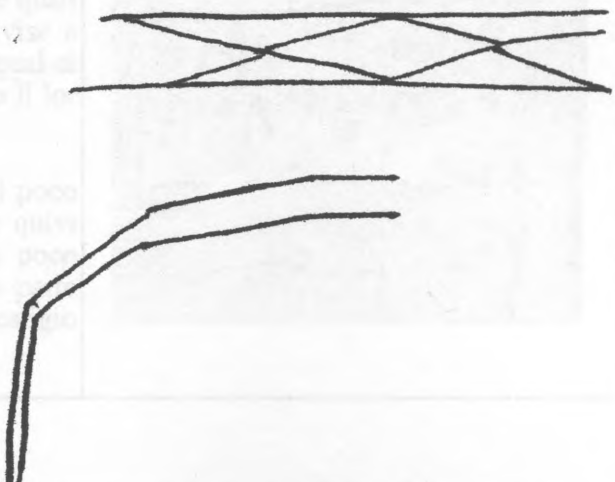
5 CA 201R-V	List of topics about "li fondi de fiumj". "Delli uari scontri delle correnti e lor uari fondi che ssi generano."
<p>1. Delli uari scontri delle correnti e lor uari fondi che ssi generano.</p> <p>1. Differentia de fondi di que fiumj che ano gran declinationj e chadute a cqueli che coran per pianura con dolce e tardo moto.</p> <p>1. Come si uaria il fondo del acqua che va e riuene come londa che percote le spiage al fondo dell acqua che sol ua per un verso.</p> <p>Delle mvtationi del fundo de fiumj mentre procede li lor diluuj.</p> <p>Mutatione de fondi de fimj dopo li lor diluuj. doue CA 201R</p> <p>Da cognoscere da lontano li fondi defiumj correnti. 9 m</p> <p>Del (c)ognoscer che ffano i condottieri delle scaffe il magor fondo del fiume standone remotj. 8 m</p> <p>Delle uarieta de fondi fattj da piv varie corentj.</p> <p>1. De fondi fatti da una sola corente.</p> <p>Perche vn medesimo corso dacqua va variando jl fondo del fiumie.</p> <p>De fondi che attragano a sse le acque de fiumj.</p> <p>De fondi che sscacano le acque de fiumj e llj pieghano in altri siti.</p>	

5	Location of "minor fondo" in rivers.	
CL 25V 35-38	Come il minor fondo del pelago dentro alle sue rive sara trovato nel fine del moto refresso. Come ancora i minor fondi de fiumi saran trovati nelli lati delle correnti dove con altre correnti si congiungano. Come in fra due corrente fia sempre trovato piccola profondita	

5	Drawing showing distribution of sediments of various sizes in a given flow.	
Ms I 60 D1	fondo tufo rena fango	

5	" doue lacqua si fa veloce . . " Swift water does not reveal bed shapes. Compare D1 with 67V D1 in Ms M.	
Ms I 70V T1 D1	doue lacqua si fa veloce il suo inpeto no lascia conoscere i casi de vari fondi. (T1)	

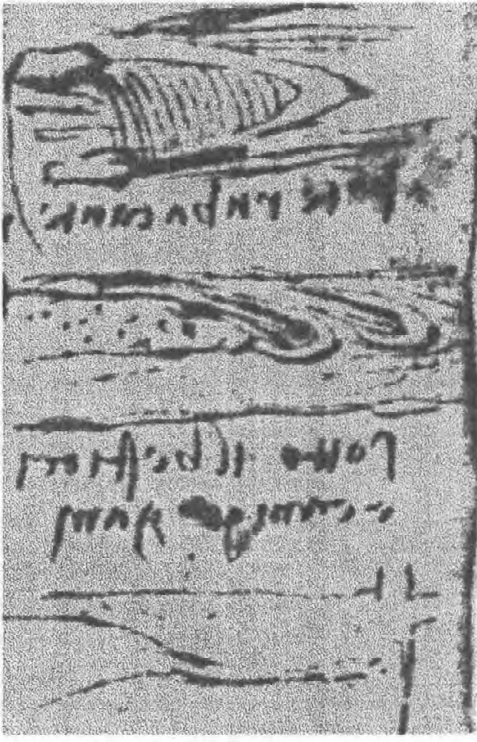
5	<p>"scatorire". ". . . e ttal raspamento fia di figura di carena di nave . . ."</p> <p>The word at the very top right-hand side corner of this page: 'scatorire' stroke me as an expression for the need any fluid-mechanicist has for a word to express what in English is meant by 'flow'. During my years as student and teacher using the Spanish language, I introduced 'flujo', because I was not happy with words like 'escurrimiento'. I used also the verb 'fluir' instead of 'escurrir'. In Italian, I have noticed that hydraulicians, at least, did not make use of 'flusso'. In German I found 'Strömung' rather than 'flow'; and that Fluid Mechanics was called "Strömungslehre". I believe that Leonardo does not use anywhere else in his notes the word 'scatorire' and continues to rely mainly on 'moto'.</p> <p>*Bed in shape of the hull of a ship.</p>
Ms I 70R T1 D1	<p>scatorire lacqua che per istreto canale mette in alcuna parte deso piv larga subito si fa piv sottie e piv veloce perche truova declinatione onde si move forte e chol comjnciato corso si diriza al pie della sua argine e quella percote dopo la qual percussione si rivolta in su e co moto revertiginoso va raspando il fondamento dell argine insino a ttanto che ritorna in alto e ttal raspamento fia di figura di carena di nave* comjnciando e finendo stretta e nel mezo profonda e llarga. (T1)</p> 

5	<p>"lacqua che ssi move per equale largeza di fiume e per equale fondo ara tante varie grossezze . . ."</p> <p>Different depths of bed in rivers for different slopes.</p>
Ms I 105 V T2 D1-2	<p>lacqua che ssi move per equale largeza di fiume e per equale fondo ara tante varie grossezze quanto fieno varie le obliqujta del fondo dove corre e quanto sara piv veloce in vn loco che nell altro tanto proportionevolmente sara piv sottile. (T2)</p> 

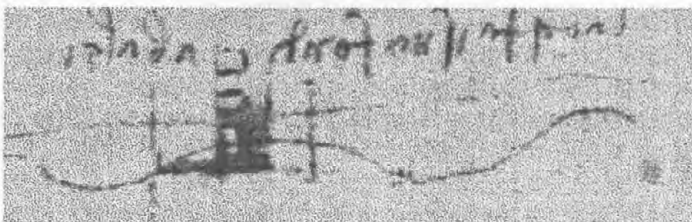
5	<p>"I balzi dell'acque sono di due nature . . "</p> <p>"Globosita" of the bed and banks in rivers.</p>
<p>Ms I 127V</p> <p>T1 D1-2</p>	<p>I balzi dell'acque sono di due nature cioe conposti da 2 cavse luna e per le globosita del fondo donde passa lacqua l'altra fia quando le parte de lacqua che percotane nelle globulose parte dell'argine risaltano dall'oposita ripa queste tale quantita dacque che percotano risaltano all'oposita riva e nella prima onda chella sincontra essa si prieme e sspinge in esa he sgonfia saltando verso il cielo e ciasscuna equalmente si fugie dal loco percoso per infino che altra onda la richaccia in dirieto e poi l'altra inanzi e cosi suciessivamente enpiano la superfitie de fiumj di graticolata figura senpre alzandozi ne lochi di dette percussionj.(T1</p> <div data-bbox="987 612 1223 721" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1263 612 1301 641">D2</p> <p data-bbox="864 753 1263 782">(See Macagno 1984/5 p.59)</p> <div data-bbox="733 895 1220 1064" data-label="Image"> </div>

5.2.1

5	"Londe . . fanno le lor superfizie globulenti e l fondo ritien della medesima . . .". Correlation between water surface configuration and bottom configuration.	
CL 21V 32-33	Londe intersegate dal moto di se medesime col moto del vento fanno le lor superfizie globulenti e l fondo ritien della medesima similitudine e massime ne lochi bassi	

5 CL 13R 29-41 D5-7	"La superfizie liniata in una figura curva o ver lunare e segno di poca profondita . . ." Correlations between surface configurations and bottom configurations in rivers.	
<p>La superfizie dell'acqua di minute e ombrose onde in figure di linia che concorrino in angolo dimostra essere vicino quella il fondo del fiume ed e nata da rena rigittata dacqua passata per loco istretto come per arco di ponte o simile</p> <p>La superfizie liniata in una figura curva o ver lunare e segno di poca profondita la quale e causata da rena portata dalla maggior corrente nella corrente minore cioe dalla men pigra alla piu pigra perche luna e laltra e di poca velocita e profondita.</p> <p>Quando nella superfizie dell acqua si dimostera una linia retta o vero alquanto piegata d onde minute e di poco lustro o ver chiarezza quivi e poca profondita e nasce da due corrente piu tarda luna che laltra le quali si rigiunga di sotto all isola che di sopra le divide e queste an fermo la rena che ciascuna portava la qual si scarico nella lor congiunzione perche in tal loco il lor moto fu terminato.</p> <p>Ancora potrebbe accadere ch essendo tal loco di poco momento dacque che la rena da le gran piene quivi condotta che ciascuna corrente per se a poco a poco dopo tale inondazione avessi consumato la sua parte della rena dal suo canto e rimanessi ancora vestigio del tramezzo di tal corrente.</p>		
		

5	<p>"La inequalita del letto del fiume si gienera dalla inequalita dell acqua potenzia che sopra quello si muove."</p> <p>Interaction between water flow and bed form.</p>	
CL 24V 23-31	<p>Lequalita dell acqua colla equalita del fondo e argini e dell aria onde passa lacqua mai removera il fiume del suo primo ordine.</p> <p>Quando linequalita si genera nel sito dove lacqua si move allora lacqua si fara di disequale potenzia e fara inequale il rimanente del fondo e argine del fiume.</p> <p>La inequalita del letto del fiume si gienera dalla inequalita dell acqua potenzia che sopra quello si muove. La inequalita dell acqua che prima era nel moto equale si causa dalla disequalita del vento che le resiste o che la percuote.</p> <p>Il moto piu veloce o tardo delle acque fa il fondo piu concavato o piano. Il moto piu tardo o veloce del fiume e causato d aver transito piu stretto o piu largo essenfo il fondo dequale obbliquit.</p>	

5	<p>"L acqua fa le sua fondi a balzi."</p> <p>D4 shows a strongly sinusoidal bed as one would expect from reading T2. The interface water-air, on the contrary, is nearly flat except at one end. Bed with ups and downs. Thi is probably one observation among many because the correlation between water-air and water-bed interfaces is realy a complex one.</p>	
Ms H 29R T2 D4	<p>lacqa fa i sua fondi a balzi. (T2)</p>	

5	<p>"Segniali di fondi oculti d'acqua"</p> <p>What one sees at the free surface may reveal what is at the bottom.</p>	
CFOR III 40R	<p>Segniali di fondi oculti d acqua</p> <p>Quando infra lla piana acqua vedi u polulante gorglo l e caduta e balzo d acqua</p>	

5.2.2

5	Generation of different "fondi" by different currents.	
CA 214bR	Doue si generano le gran profondita de fiumj. Vari fondi generati di diuerse corentj. 17m	

5	"La varieta de siti e delle velocita dell acque dentro alli sua fiumi e causata dalla varieta dell obbliquita del fondo. La varieta dell obbliquita de fondi de fiumi e fatta dalla varieta dellla velocita del corso delle acque." !! "E cosi e concluso: El fondo de fiumi e variato dalla materia che l corso dell acqua vi lascia e la varieta del corso delle acque e variato dalla inequalita del fondo del fiume."	
CL 33R 1-15	La varieta de siti e delle velocita dell acque dentro alli sua fiumi e causata dalla varieta dell obbliquita del fondo. La varieta dell obbliquita de fondi de fiumi e fatta dalla varieta dellla velocita del corso delle acque. Lacqua per se non si move se l obbliquita del fondo no lla attrae a se adunque chi fu causa di tale obbliquita di fondo diversa dalla comune sua prima obbliquita perche io mi danno ad intendere che li moti piu e men veloci dell acque ne fiumi non fussin causati se non dalle maggiori e minori obbliquita delli fondi come di sopra proposi E se l primo letto del fiume fu fatto dequale larghezza e obbliquita rettitudine qual fu la causa di variate tal disposizione di fondo ? perche qui si manifesta che lacqua che sopra li si move avere per necessita a essere dequal corso. La materia che ntorbida lacqua de fiumi e quella che dopo alquanto corso si posa sopra li loro fondi e innalza e vatra la obbliquita del fondo e per questo st causa la varieta de corsi delle acque. E per questo si conclude che lacqua e causa di variare il fondo e che l fondo poi per necessita varia li corsi delle acque in maggiore o minore velocita la qual varieta di corsi e potissima causa di variare poi tutto il fondo del suo fiume. E cosi e concluso: El fondo de fiumi e variato dalla materia che l corso dell acqua vi lascia e la varieta del corso delle acque e variato dalla inequalita del fondo del fiume	

5 CL 14R 1-19 D1-6	Encounter of currents and obstacles result in holes in the bottom: " . allora accadera subita e gran profondita . . . "
--------------------------	---

(Casi 26) Quando le due correnti sisconteranno insieme immediate che luna di loro ara percosso lobbietto che supera lacqua allora accadera subita e gran profondita come accade nella corrente *a c* che poi ch ell a percosso in *f* obbietto che supera lacqua essa cava in *p* nel qual sito la corente *b d* immediate vi percote e trovando forte concavato il fondo del pelago ancora aumenta la predetta concavita (1-4)

Ma se le due correnti insieme siscontrano immediate che anno percosso li ostaculi che superan lacqua allor nasciera gran *profondita* la quale ara tanto piu del lungo quanto la congiunzion delle correnti fu piu acuta. (5-8)

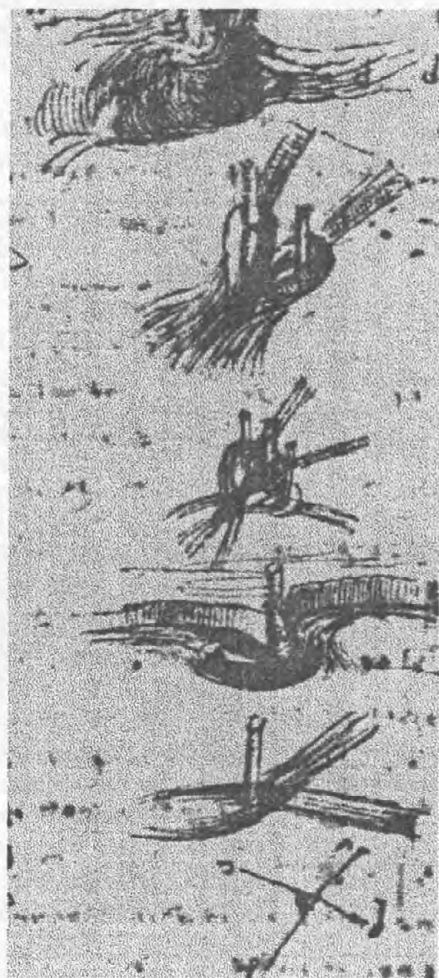
E se tre corrente si isconteranno poi ch elle ara percosso 3 de predetti obbietti le concavita saran piu che delle 2 dette correnti piu profonde.

E se lobbietto che supera lacqua sara congiunto all argine del fiume lacqua che dentro vi percote cavera grandemente dinanti e di sotto a esso obbietto e fara retroso dalla parte di sotto e lasciera secca dove il retroso si scontra colla corrente cioe in *a* e questa concavita sara maggiore lungo largine che infra l fiume perche universalmente dove lacque pigliano il moto refresso infra largine vi si fa concavita e questo secondo accidente predetto la profonda piu. (8-13)

Quando le due correnti si scontreranno insieme inanti al propinquo ostacul che supera lacque esse caveran forte dinanti all obbietto e dopo lasciera tanto piu lunga e larga secca quanto langol della congiunzion delle due correnti sara piu gorosso.

E questo accade perche dopo la lor congiunzione seguitano un angol simile all angol della incidenza come mostra *a o b* angolo incidente contra *o c d* angolo refresso (D6).

E se lostacolo sara alquanto remoto dall argine e che lacqua che percote ine lostaculo entri in fra esso ostaculo e largine allora sara gran concavita sotto esso ostaculo perch e aiutata essa concavita dal moto refresso che fa lacqua ne largine. (13-19)

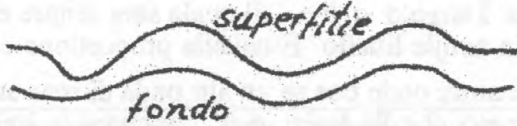


5	<p>"Quella acqua che piu corre piu cava il suo fondo . . ."</p> <p>Correlations between different river flows and their beds.</p>	
<p>CL 20V 3-14 D1-4</p>	<p>Quella acqua che piu corre piu cava il suo fondo.</p> <p>Quando una corrente diritta e piu stretta che la corrente che dentro vi versa ella e tanto piu profonda che quella che vi mette quanto ell e piu stretta.</p> <p>Quando la corrente lateralmente ricieve corrente piu stretta di se medesima allora la piu larga e tnato manco profonda quant essa fia piu larga.</p> <p>Quivi sara lacqua piu profonda dove piu correnti insieme si congiungano.</p> <p>Dove una corrente piu si dilata quivii e minor profondita.</p> <p>Quando nel pelago si scontra due o piu correnti allora il lor moto refresso fia circunvolubile e l suo maggior fondo sara poco dopo la lor congiunzione e l fondo minore fia inverso il centro del predetto moto circolare ma fia fango e vicino a quello sara rena e nel piu profondo fia cose piu grave e meno atte a moversi coll acqua.</p> <p>Ma quando il moto circunvolubile e per se fori del pelago separato dalla corrente allora la sua minor profundia fia ne la congiunzione che fa il cerchio dell acqua colla sua corrente e sara tagliente nella sua sommita e profondo a pie del colle che divide la corrente dal retroso.</p>	

5	<p>"Lacqua corrente che con seco porta materia spesso si fa con quella argine e ostaculo e rompe dalli lati nella parte piu debole . . ." Complexities of the river beds as they are changed by the transport power of water flow.</p>
CL 20V 22-40	<p>Lacqua corrente che con seco porta materia spesso si fa con quella argine e ostaculo al suo movimento diritto onde si volgie e rompe dalli lati nella parte piu debole e per tal via dirizza suo corso insino a tanto che la materia da lei sospinta li rifa nuovo ostaculo onde di nuovo piega il suo corso rompendo ess ostaculo nella parte piu debole e cosi successivamente seguita. Li ostaculi creati dal moto delle acque sopra il fondo dove si move camminano con tardi moto dirieto al veloce corso delle acque perche lacqua che dentro vi percuote move la rena della sua spiaggia insino alla sommita del colle di tale ostaculo e immediate eade dall opposta parte a piedi la parte piu leve seguita il corso dell acqua con pari velocita e le parte piu grave ruinauano rotolando per lopposta spiaggia del predetto colle la quale e molto piu diritta che la sua salita e giunta alla basa del predetto colle quivi si ferma faciendosi scudo di tale ostaculo dove immediate e ricoperto daltra rena che per simil causa ricade e cosi sopra a ciascuna particula la basa dello ostaculo integralmente cammina insino a tanto che si riscopre dinanti all ostaculo che di dirieto si coperse e di novo e percosso dall acqua e di novo risale il colle e cosi ritorna a la sua ruina e di novo il colle gli passa di sopra e cosi segue succeessivamente insino a tanto che piglia quasi eterno riposo che si iscontra in maggior corrente dove tali ostaculi fien disfatti e infusi nella velocita dell acqua la quale immediate di quegli sintorbida e cosi tal rena fia portata con pari corso della corrente insino a tanto che tale acqua si spande e ritarda il suo corso e non e piu potente di sostenere la rena onde di novo ritorna a rifarsi li antidetti ostaculi i quali sempre sono in mutazione delle lor figure. (CL 20V 22-40)</p>


5.2.3

5	"Londa del fondo del fiume . . . sempre cammina con tardi moto sotto il veloce corso delle acque."	
CL 21R 31-32	Londa del fondo del fiume o sia di rena o sia di ghiara o terra sempre cammina con tardi moto sotto il veloce corso delle acque	

5	" . . . dell onde tal uelocita si trovera alla sua eleuatione qual fia quella della declinatione e tale fia nel mezo delle infima basseza quanto quel de la sua soma alteza. . . ." Waves and depth of water.	
Ms I 118R T1, T2-3 D1	onde retrosi surgimenti bollori. (T1) se lacqua si move piv veloce al calare dell onda che al suo eleuarsi e in che locho tale acqua piv si tarda. (T2) lacqua che ssi move nel conporre dell onde tal uelocita si trovera alla sua eleuatione qual fia quella della declinatione e tale fia nel mezo delle infima basseza quanto quel de la sua soma alteza. e sse non fussi di pari moto essa non sarebbe di parj profondita o largeza e ssella pur fussi dequal largeza e profondita e non dequal moto essa conporebe grande alteza nel locho ove piv si tardasse.(T3) 	

5	A ridge appears where the incident wave meets the reflected wave: "Quando lacqua refressa siscontra nel <i>fondo del fiume</i> coll onda incidente . . . una rilevata cresta. . . "	
CL 14R 33-34	Quando lacqua refressa siscontra nel <i>fondo del fiume</i> coll onda incidente ciascuna di lor torna indiriecto lasciando una rilevata cresta nel sito della lor percussione. 86 in A	

5	"Se l'onda dell'acqua e causa di far l'onda della rena sopra del suo fondo. . . ."	
	Interaction between water waves and bottom sand waves	
CL 25V 33-35	Se l'onda dell'acqua e causa di far l'onda della rena sopra del suo fondo o se l'onda del fondo causi l'onda superficiale dell'acqua. Differenza dell'onde a conoscere le profondità le quali sempre fieno trovate infra il moto incidente e il moto riflesso dell'acqua.	

5	"Del fondo dell'acque basse coe della lita". Study of dunes; analogy of dunes under air and under water.	
CAR 129V D1	<p>Del fondo dell'acque basse coe della lita</p>  <p>O veduto la rena mossa dal vento fare come la lita mossa dall'acqua ne bassi fondi coe che venendo il vento di a in b essa rena fa la montata ab e ppo la discesa bc e fforma l'angolo abc il quale sarà sempre eguale a tutti li angoli che ssi formeranno in simile liello. E quella proportion che avrà ab con bc tale avranno tutti le altre onde coe se vn'altra onda di rena sarà nel suo lato p^o maggiore o minore il doppio che lla linea ab anchora la linea seguente sarà maggiore o minore il doppio che lla linea bc. Ora si dimanda il perché la regola e il perché di questo chaso si de fare come io ti dirò faraj d'aver vn'asse sopra la quale distendi la rena piana per isspatio di 2 braccia e alta vna on e questa mostra chon diuerso obliquità all'auenimento del vento e di qui a tua comodità potrai notare le cause del sopradetto effetto. E se trarrà il vento per uno sol uerso le onde della rena saranno equali e rettilinee ma se s'interporrà nel caminare di tale onde alcuna fessitura o sasso allora l'onda lì si romperà e farà vna valle trasversale la quale terminerà in esso sasso e se si leua vento trasversale allora le onde rettilinee si faranno fressuose.</p> <p>I fiumi di repente corso tolgano in terreni grassi e poi ripongono rena. Quando accade il riempire de' suoi fondi.</p>	

5	<p>"Sempre lacqua superfiziale minutamente mossa dal vento . . .". "Tutte londe della rena che camminano coll acqua . . ."</p> <p>Interfacial surfaces. Comparison of waves at the interfaces air-sand and sand-water, at the bottom.</p>
CL 25V 41-48 D10	<p>Sempre lacqua superfiziale minutamente mossa dal vento si move tanto piu veloce che londa dell acqua quanto londa e piu veloce che l moto naturale dell acqua e quanto il moto natural dell acqua e piu veloce che londa della rena e quanro londa della rena e piu veloce che londa della terra che fa argine al fiume. Ma prima doveo dire che l moto dell aria libera era tanto piu veloce che l moto dell aria che percote lacqua perche quella parte del vento che percute lacqua e impedita dall resistenza della superfizie dell acqua.</p> <p>Tutte londe della rena che camminano coll acqua son tanto piu tarde che londe della rena che camnminano col vento quanto el moto dell acqua e piu tardo che non e il moto del vento</p> 

5	<p>"Sempre la poca profondita de fiumi fia sotto li archi delle sue onde . . ."</p> <p>Phase difference between air-water waves and water-sand waves. A rule that does not always applies.</p>
CL 20V 21-22	<p>Sempre la poca profondita de fiumi fia sotto li archi delle sue onde e grande fia nelle vallate o vero spazi di tale onde</p>

5.2.4

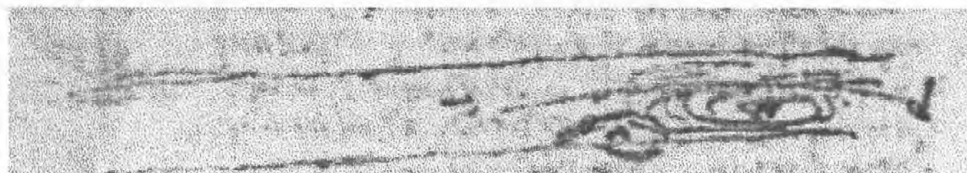
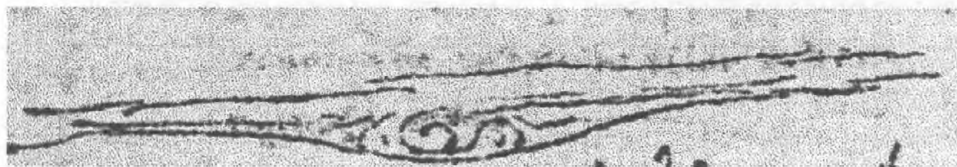
5	"Come le revertigini delle acque cavano il fondo ove si movano." Variety of erosive vortices.
CL 15R 32-34	Come le revertigini delle acque cavano il fondo ove si movano. De le revertigini larghe di sopra e strette di sotto. Delle revertigini columnali. Delle revertigini che si movan col fiume poi che son create e si vanno mantenendo per alquanto spazio nelle loro circolazione

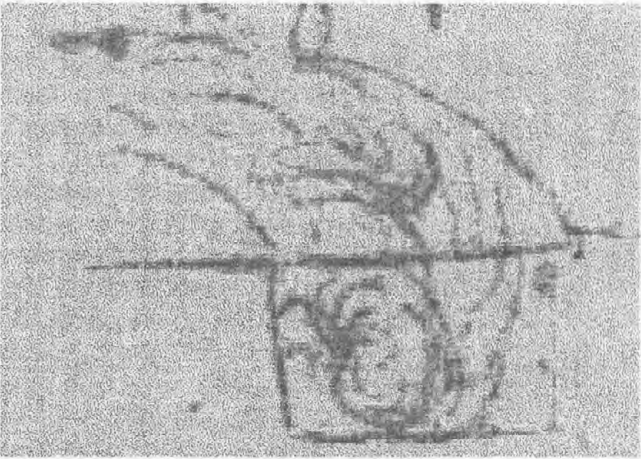
5	<p>"La inequalita del fondo de fiumi nasce da piegamentj dargini o per materia da esse argine cascate alli sua piedi "</p> <p>Role of vortices and transport in shaping "i fondi"</p> <p>In D1 we have a longitudinal cross-section of a river, while in D2 we see a plan view. This must be taken into account by the reader, and of course it has been taken into account by the author of this monograph. By the way one must not trust any Leonardist who has not taken carefully into account the meaning of the drawings in Leonardo's manuscripts.</p> <p>I found T3 difficult to interpret. Both Marinoni and Ravaisson-Mollien seem to have had problems, although they do not say anything. I prefer to warn the reader that the original may have meant something else. D2 did not help me because I believe the vortex upstream from a is too big. In connection with T3, I am not sure if to consider D2 as a plan view or longitudinal cross-section. I have the feeling that Leonardo may be describing here transient flow and transport phenomena due to a certain amount of earth falling into the stream. For further study, I believe that we must correlate carefully this passage with similar ones (see ,e.g., Ms H 29R, 87R) and rely on a second trial with the original words as they are in the Ms F. I consider my interpretation, in this instance, as tentative.</p>
Ms F 12V T1-2 D1 T3 D2	

Lacqua di fondo inequale fa contrari moti dalla superfitie al fondo. (T10)

La inequalita del fondo de fiumi nasce da piegamentj dargini o per materia da esse argine cascate alli sua piedi. (T2)

cade terra dall argine e ssi ferma sotto lacqua a lacqua b percote in a e ssi divide parte ne torna in dirieto e ffa il retroso n e parte ne va in c sotto lacqua b c e dequal velocita nella sua corente da lato c e due retrosi vno di sopra in gu e vn da la a qua in n si ferma cose lieuj e cosi sotto la corente si fa lacqua tarda dal mezo inanti nel principio per esserui poco fondo la corente e veloce di sotto come di sopra e per questo scopre la giara grossa e poi la rena e po il fango e poi le fogle. (T3)




5	<p>"dove i retrosi ivi fia gran fondo . . ."</p> <p>D2 shows a bend in a channel of rectangular cross-section with a strong secondary flow and surrounding turbulence. T1 may not be directly related to D2 although it tells about a scouring hole which one would expect to see shown in the drawing; but there is only a cross-section with vertical walls suggestive of non-erodible material.</p>
<p>Ms H 29R T1 D2</p>	<p>dove i retrosi nati da bollori simjstano colla corente ivi fia gran fondo. (T1)</p> 

5	<p>"ove si vede monti surgiere nell acqe corentj surgere a vso di bollorj juj e segnjo di gran profondita . . ."</p> <p>Existnce of "bollorj" as indication of great depth.</p>	
<p>Ms I 76V T1</p>	<p>ove si vede monti surgiere nell acqe corentj surgere a vso di bollorj juj e segnjo di gran profondita donde tali bollori risaltano dopo la percussione che ffa lacqua sopra del fondo e per la velocita del suo balzo essa fora e penetra laltra acqua e ssi volta inverso la superfitie dell acqua che corre e cquella passa con detti surgimentj onde acqujstando peso mancha del primo corso e giv richade per ognj linja dintorno al suo cietro e riferisscie di novo vers o il fondo. (T1)</p>	

5	<p>"Il movimento dell acqua sempre attende a consumare il suo sostegno . . . " " . . lacqua ragirandosi con vari retrosi consuma e cava. . . " "</p> <p>. . Alzando i fondi diminuisce la quantita e la forza dell acqua. . ."</p>	
Ms A 59R T1	<p>Perche i fiumi mutano letto e spesso levano e pongano in diversi lochi</p> <p>Il movimento dell acqua sempre attende a consumare il suo sostegno e quella parte ch e piu tenera li fa men resistenza e partesi del suo loco lasciando diverse concavita dove lacqua ragirandosi con vari retrosi consuma e cava allargando detto vacuo. E percotendo nelle nuove argini risalta percotendo nelle rive consumando e rodendo con ruine dell opposizione muta corso per mezzo delle ruine accompagnando con esso corso la terra piu lieve la quale poi scarica ne lochi piu quieti. Alzando i fondi diminuisce la quantita e la forza dell acqua mandando il suo furore dall opposita parte e se truova ripa quella rode e scalza i sua fondamenti fin che con gran ruine scuopre i novi terreni. E se truova pianura quella occupa levando e cavando si fa nuovo letto. E se truova i sotterrati sassi quelli scopre e po discalza i quei spesse volte per la loro grandezza fanno resistenza all impetuoso corso il quale ripercosso ne contrastanti sassi ribalza in opposita parte rompendo e dannificando l opposite rive</p>	

5.3

5	"... fiumj retti son piv profondi in mezo che da i sua latj." Properties of straight rivers.	
CAR 135V capovolto	<p>Perche i fondi de fiumj retti son piv profondi in mezo che da i sua latj</p> <p>La corente del fiume retto fia piu alta in mezo che da sua latj e con magore onde si leua inverso il cielo e con magor profondita si uolta al centro del mondo e cquesto acchade perche tal corrente e llo iscontro over la intersegatione del moto refrelsso dell acque le quali risaltano dalla perchussione da llor fatta nel argine e nel ricorrere alle oposite riue insieme s isscontra con motj contrarj i quali resistendo l una all altra e non potendo penetrare l una l altra risaltano in alto fori dell altra acqua ove poj richadendo chol peso acquisstato infra l aria penetran le acque da llor perchosse.</p>	

5	"L acqua ne rettj e sstrettj canalj ara piu alta superfitie nel mezo e ne latj che i ne ssua altr a parte ..." Flow comditions in straight channels. Secondary flow.	
CAR 29V D3-4	<p>L acqua ne rettj e sstrettj canalj ara piu alta superfitie nel mezo e ne latj che i ne ssua altr a parte della sua larghezza -- Ne lati e pi alta perche percotendo nell argine essa risalta jn alto e refrette in diriето e percote il fondo e ffassi bassa poj refrette dal fondo e risalta inn alto e sscontrasi nel mezo coll auenjmento della opposita acqua che con quella percotendo risalta in alto e ttorna in diriето a replicare la percossa alla sua argine e cosi successiuamente segue.</p> <p>L acqua che corre per li diritti canali non passa senonon dall argine al meze d esso canale e il simile fa l altra meta della largheza d esso canale e cosi fa lungho corso inanzi che ll acqua percossa nell una argine passi all argine opposita ma se l e veloce essa non passera il mezo.</p>	


5	" segno che in tal parte il fiume e diritto e la sua massima profondita fia nel mezzo . . ." Maximum depth in straight river.	
CL 16R 1-5	Quando i tomoli delle acque son fatti nelle rive de fiumi con equal potenza e sara segno che in tal parte il fiume e diritto e la sua massima profondita fia nel mezzo della larghezza sua cioe sotto la principal corrente delle sue acque in A 89.	


5	"La maggior profondita de fiumi flessuosi fia sempre nelli lateral confini dell argine sua . . ." Location of maximum depth in meandering rivers.	
CL 16V 20-26	<p>La maggior profondita de fiumi flessuosi fia sempre nelli lateral confini dell argine sua cioe come son sempre le grotte sotto le rive de fiumi.</p> <p>Ma se il fiume fia diritto la maggiore <i>profondita</i> fia trovata nel mezzo della sua latitudine.</p> <p>Quella corrente ara sotto di se maggiore <i>profondita</i> la quale e creata dal concorso di maggiore numero di rami dacque correnti.</p> <p>Londe fatte nel serpeggiare de fiumi con lento moto si van variando e camminando inverso il dissenso del fiume come lacqua che vien di <i>c</i> che percote in <i>a b</i> riva e col tempo la consuma e l simile fa <i>n m</i> onde quanto si leva di <i>a b</i> tanto si pone nel suo opposto lato <i>d n</i> onde col tempo la linia <i>a b</i> si truova in <i>d n</i> e cosi segue il lor moto</p>	

5.4


5	"I fondo de fiumi mai sara dalle sue acque fatto eguale . . .". Intrinsic irregularity of river bed.	
CL 19V 11-15	I fondo de fiumi mai sara dalle sue acque fatto eguale e questo nasce da disequal pesi dacqua che sopra essi <i>fondi</i> al continuo passano. Li disequali pesi dacque in pari moti de fiumi nascano dalle onde che al continuo si levano in aria e immediate acquista peso e con impeto caggian fra le acque le penetrano insin al <i>fondo</i> e quello cavano e cosi si fa disequale	

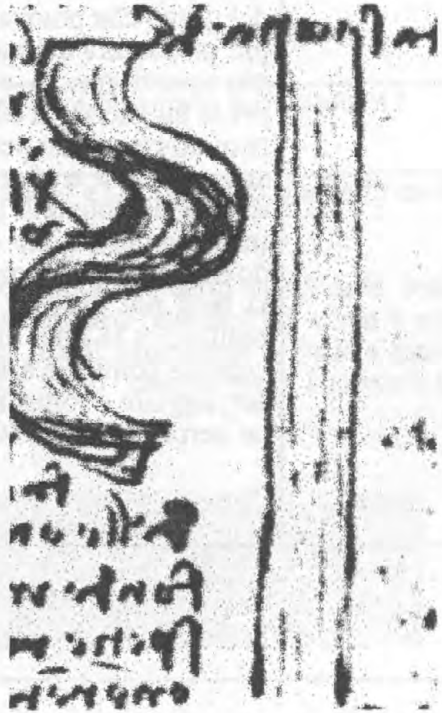
5	"Come li fondi vari de fiumi son causa di piegare li corsi de fiumi . . ." Interaction between bed foirm and plan form.	
CL 10V 28-29	Come li fondi vari de fiumi son causa di piegare li corsi de fiumi in diversi lochi e questo accade piu quanto tali profondita son presso o al toccare delle rive del fiume che inverso il suo mezzo.	

5	Sketch of "fondo" in meanders.	
Ms I 45V D1	aqua corente. fondo	

5	<p>"La magor profondita dell acqua e ne l mezo de la concauita . . ."</p> <p>Water depths at river bends.</p>	
CAR 29R D1	<p>La magor profondita dell acqua e ne l mezo de la concauita dell argine da llej percossa.</p> <p>La mjinor profondita dell acqua fie senpre nel mezo della conuesita dell argine da llei lasciata e per conseguenza sara senpre a riscontro della magor profondita dell argine concaua.</p>	


5	<p>" Come ne fiumi serpeggianti la profondita si varia dall una riva all altra . . ."</p> <p>Transversal variation of depth in meandering rivers.</p>	
CL 20V 37-41	<p>Come ne fiumi serpeggianti la profondita si varia dall una riva all altra cioe nel sito dov essa percote largine dove il suo moto incidente si converte in refresso.</p> <p>Come la minor profondita che abbia la lunghezza del fiume serpeggiante e in fra lo spaxio dove il moto refresso si converte in moto incidente.</p> <p>Come ne fiumi serpeggianti si trovera rarissime volte la linia della maggior profondita esser paralella colla la linia della sua argine.</p>	


5	Meanders change place, because " . .le sue profondita mutano sito."	
CAR 135V D1,6	<p>Perche si mutano le torture de fiumj da llocho a llocho</p> <p>Mutansi le torture de fiumj da una a dal taltro locho perche in quello le sue profondita mutano sito.</p>	

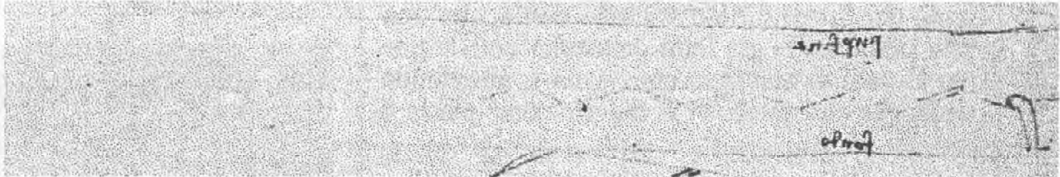
5 CL 5R 38-45 29-37 D2-3	<p>"Vedi qui posti 2 fiumi ne quali entra equale acque e son dequal lunghezza larghezza obbliquita e non sono equali ne in velocita ne in profondita.E questo accade perche. . ."</p> <p>Comparing straight river with meandering river. Differences in flow and in water depth</p>	
<p>Vedi qui posti 2 fiumi ne quali entra equale acque e son dequal lunghezza larghezza obbliquita e non sono equali ne in velocita ne in profondita.E questo accade perche luno e tortuoso e laltro diritto che ne seguita che nel fiume torto il corso della sua acqua e piu lungo che non e la lunghezza del fiume ne di ciascuna sua argine perche il serpeggiare suo dallun allaltro li cresce lunghezza di corso e lacqua del fiume diritto fa cosi equale il corso quanto ciascuna argine del fiume. (CL 5R 37-45)</p> <p>Se due fiumi dequal longitudine saran lun retto e laltro tortuoso ancora che sieno equali in quantita dacqua cioe dato alli principi equale acqua a ciascuno e che sieno dequal latitudine e obbliquita quel sara di maggior velocita che fia piu diritto e laltro fia tanto piu profondo quanto esso e piu tardo proponendo a ciascuno uniforme obbliquita in ogni parte di suo corso e cosi latitudine. E questo che si propone accade per causa delle ripercussione che lacqua fa nellargine del fiume tortuoso la qual risalta alla opposita concavita attraversando il fiume onde tanto piu cresce il corso del fiume quanto sono piu lintraversamenti e piegamenti dellacqua nel fiume dalluna argine allaltra. (CL 5R, 29-37)</p>		

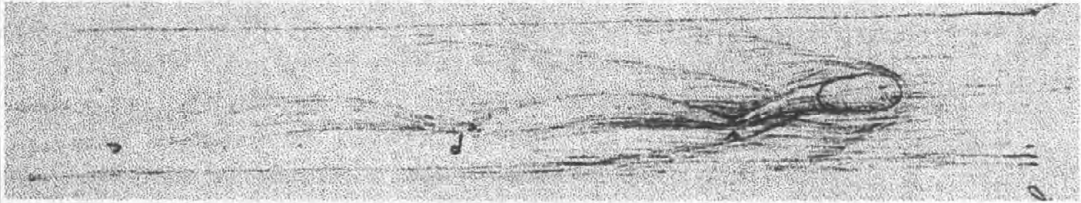
5	"Quanto maggior concorso dacque percotano . . . tanto piu . . . consumato ".Location of maximal erosion at place of maximal concurrence.	
CL 21V 30-31	Quanto maggior concorso dacque percotano un medesimo sito tanto piu fia esso sito da tale acque consumato.	

5	Fluvial flows and "fondi". " . . .dove lacqua piu si mosse piu consumo il suo fondo . . "	
CL 19R 1-11	Il fiume diritto dequale latitudine, profondita dargine e obliquita e pari reistenza dargini e di fondo in brieve tempo si torcera e farassi di varie profondita ancora che altre acque dentro non vi mettino. Questo accadera pella 5 ^a del primo che pruova che li canali delle acque sempre anno piu profondita nel mezzo che dalli lati onde tal profondita piu cava in mezzo e perche alcuna volta il vento che trae per la lunghezza di tal canale ringorga indiriecto le sue acque le quali ringorgan per tanto quanto il vento le supera colla sua potenza e perche il vento non e uniforme subito manca di potenza l'onda lo supera e corre con impeto insino a chel vento di nuovo la supera e la ferma onde dove lacqua piu si mosse piu consumo il suo fondo perche si fece piu grave e cosi il fondo non e piu duniforme obbliquita la qual disuniformita sempre va creaciendo e comella comincia a appressarsi allargine lacqua comincia a serpeggiare e romper largine e per conseguenza a crescere tal serpeggiatura. (CL 19R 1-11)	

5	<p>"E se lostaculo mobile saccosta all argine del fiume esso immediate fia causa di piegare tutto il fiume e . . ."</p> <p>Interaction between obstacle in the river and river bed.</p>	
CL 24V 3-12 D1-2	<p>E se lostaculo mobile saccosta all argine del fiume esso immediate fia causa di piegare tutto il fiume e questo accade ch e lacqua che passa infra lostaculo e largine cava essa argine e ancora che lostaculo poi cammini su per lo fondo del fiume dirieto al corso dell acque non resta pero che la gia fatta concavita nell argine non si vadi al continuo crescendo e ampliando per lacqua che dentro vi si raggira come per la 4 dell 3^o si dimostra e che lacqua di quella risaltata all opposita riva non facci un altra simile concavita in essa riva la quale andra al continuo crescendo e po ritorna risaltando sotto la prima concavita e cosi successivamente seguita insin che tale impito dalla universal corrente del fiume e consumato</p> <p>Come nessuno ostaculo debbe avere parte alcuna di faccia diritta inverso il fondo del fiume e questo si dice perche lacqua non v abbi dentro a percuotere e scalzarlo dinanzi e da parte.</p>	

5	<p>"Perche in un fiume piano nel fondo fia un solo sasso e l acqua dopo quello fa molti globbi."</p> <p>Why a single obstacle originates many holes.</p>
<p>Ms A 60 R T1 D1</p>	<p>Perche in un fiume piano nel fondo fia un solo sasso e l acqua dopo quello fa molti globbi.</p> <p>La ragion di questo accade perche lacqua che percote in detto sasso cade dopo quello in basso e fa alquanto di fossa nella quale ricerco (<i>ricercato</i>) col corso il suo cavo risalta in alto e di novo ricaduta al fondo rifa il simigliante e cosi fa molte volte a similitudine della balla battuta in terra che nanzi che termini il suo moto fa molti salti minori l uno che l altro</p> 


5 Ms C 25V T6 D3	"la cosa posta nell argine fia ruina dello mezo della oposita riva."
la cosa posta nell argine i mezo all alteza della corente acqua fia ruina dello mezo della oposita riva. (T6) 	

5	" come vn sasso posto in vn chanale po essere cagione del guastamento del suo fondo :" Shaping of bottom due to object in river Relates to Ch. 6 , 9.
Ms C 26R T1-5 D1	<p>fondo dacqa come vn sasso posto in vn chanale po essere cagione del guastamento del suo fondo (T1) la pietra possta in ellj equallj e pianj fondi de chorentj fiumj fia chagione de sua desegualatione e guastamento (T2) Quanto la chosa che ruina dalto in baso perchotera sopra obietto piv di se dura subito si gienera il balzo il quale fia di tanta maggiore eleuatione quanto fia stata maggiore la sua declinatione.(T3) Adunque il sasso posto sotto la superfitie de corentj fiumj quanto fia di maggiore grandeza maggiore viene a essere la perchusione fatta dalla acqua chaduta dalla sua alteza sopra i fondi de fiumj e per questo si uiene a gienerare maggiore chonchautita nel locho da essa acqua riperchoso e sseguitera dopo la prima perchusione moltj risaltamentj i qualj quanto fieno piv lontanj dal primo fieno di maggiore grandeza e di mjnore potentia come apare in .a.b.c. (T4) Quanto i balzi fatti per le chadute dell acqua infra laltra acqua fia piv debole fia di magiore lungheza. (T5)</p> 

5	"Ne fiumi che si guadagnano . . . passerai sempre in el principio della corrente."	
CL 15V 31-32	Ne fiumi che si guadagnano che per la lor turbolenza non si vedesi il fondo passerai sempre in el principio della corrente	

5.6

5	"Come i fiumi pe gran diluvi loro riempiano tutte le lor massime profondita di rena o sassi salvo i lochi dove essa si restringe . . ."	
CL 24R 27-30	Come i fiumi pe gran diluvi loro riempiano tutte le lor massime profondita di rena o sassi salvo i lochi dove essa si restringe come passando per archi di ponti o altre stretture e questo fa perche diieto a tale archi percote nella fronte de sua pilastri e si ringorga e sinalza onde con furia ristora la tardita fatta dinanti al detto ponte o altro obbietto	

<p>5 CL 18V 15-28 D1-2</p>	<p>"Quando la foce del fiume minore e trovata dalle inondazione di tal fiume ripiena di sassi e . . ." Floods and variations of "fondi" due to transport phenomena. " . . . e cosi va cavando il fondo sotto il suo corso . . ."</p>	
<p>Quando la foce del fiume minore e trovata dalle inondazione di tal fiume ripiena di sassi e altra materia allora lacqua che ne cade cava il fondo dopo tale ostaculo e la materia ch ella cava la laacia sotto il primo 2° 3° balzo e non sendo il maggior fiume in potenza di disfare tali balzi per aver lui in tal tempo le sue acque basse neciessita constringe che lacqua che poi esce desso minor fiume percota ne gia fatti ostaculi e risalti indiriecto alla sua medesima argine e quella rompe e po risalta dall opposita parte e cosi va cavando il fondo sotto il suo corso onde poi la inondazione del maggior fiume si viene a dirizzare perche lacqua ricerca i lochi bassi e questa e la causa del torcere i fiumi..(15-22)</p>		
<p>Quando ne diluvi de fiumi che mettan lun nel altro regniano a un medesimo tempo lacqua del minor fiume non po penetrare la velocita del fiume maggiore onde si volta indiriecto e con moto circolare si va mangiando largine del fiume maggiore nella bocca della sua foce onde si scarica terreno nella congiunzione dell acque del minor fiume con quella del maggiore.</p>		
<p>Quanto piu acuto e langolo che s interpone nella congiunzion del fiume minore col fiume maggiore tanto si manterra piu diritto esso fiume maggiore. (22-28)</p>		

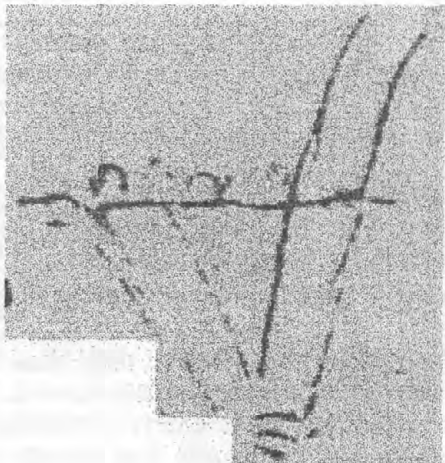
5	<p>"Quelli fiumi aran poca stabilita sopra i letti loro li quali per larghe pianure discorranò . . ."</p> <p>Effects of floods and obstacles in the stability of river beds.</p>	
CL 24V 13-23 D3	<p>Quelli fiumi aran poca stabilita sopra i letti loro li quali per larghe pianure discorranò infra le argine di poca altezza.</p> <p>Lacqua che risalta da l una all altra riva seguirebbe in fine il moto da essa riva se non fussi chiamata in loco di maggiore bassezza la qual bassezza fu causata quando il fiume era nella sua inondazione la quale inondazione superava il colle della ghiara da lei condotta dopo la qual superazione fece concavita nel fine desso colle dove poi che l colle rimarra scoperto dall acqua e restera la predetta concavita che attrarra a se lacqua di qualunque parte essa si trovera piu alta di lei come se lacqua si movessi di <i>a n</i> e corressi e empiessi tutto il fondo <i>a c n m</i> lacqua che nel fondo percosse lobbietto <i>a</i> per se impeto e fece il colle <i>a b</i> tutto di ghiara gittata fori della corrente <i>a d b m</i> e lacqua che li la condusse quando li manco limpeto li la lascio e attese poi a discenderne ripigliando nuovo impeto qol quale cavo il fondo <i>c</i> dove poi che l fiume s abbasso lacqua quivi di tutto il fiume discese come loco piu basso.</p>	


5	<p>"Dove manco la corrente del fiume si move per le inondazioni sue quivi piu materia si scarica e . . ."</p> <p>Bed changes generated by foods."De fondi fatti sotto li diluvi. . ."</p>	
CL 13R 2-7	<p>Dove manco la corrente del fiume si move per le inondazioni sue quivi piu materia si scarica e questo accado perche le cose piu lievi che portani lacque con seco sempre si fermano dove esse son manco molestate o remosse e cosi de converso dov e maggiore corrente quivi manco materia si ferma.</p> <p>De fondi fatti sotto li diluvi delle acque alcuno se ne riempie nel calar delle acque e alcuni ne resta fermi e alcuni se ne genera di novo</p>	

5	"Variansi e <i>fondi</i> de fiumi dopo le loro inondazioni in tanti lochi quanti sono e siti dove si variano e sua ostaculi."	
CL 15V 17-29	<p>{Propositioni 38 Count the capital letters in the text !!}</p> <p>Variansi e <i>fondi</i> de fiumi dopo le loro inondazioni in tanti lochi quanti sono e siti dove si variano e sua ostaculi. Quel ch e detto accade perche li ostaculi delle acque son quelli che son causa di riempiere o votare i <i>fondi</i> de fiumi perche</p> <p>Se lacqua percote dentro alli ostaculi e non li supera essa cava il terren dinanti a quegli e riempie dirieto E se lacqua percote lostaculo e lo supera essa li cava il terren dinanti e dirieto E sella lo supera e circunda essa li cava il terren da ogni parte salvo da quel lato dove e forte obbliquo perche in tal loco non a caduta e ancora piu profonda dove fia piu potente la percussione dell acqua o la sua corrente.</p> <p>Li ostaculi immobili de fiumi son causa di mantener lisole le secche e le lor <i>profondita</i> perche sempre fanno fermo scudo allo avvenimento delle acque.</p> <p>Se lo ostaculo ara grande obbliquita contro all avvenimento delle acque e dallato e dopo sia diritto allora essendo superato dall onde el fiume non li levera terren dinanzi ma dallato e dopo si.</p> <p>E se lostaculo sara diritto dinanti e obbliquo dirieto lacqua che lo supera li fara gran concavita dinanti e non dirieto</p>	

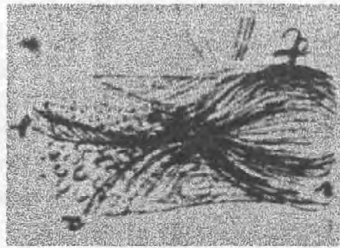
5	"La rena che ne fondi si ferma nelle grande inondazioni de fiumi si scarica. . . " Sedimentation of sand in river "fondi" during floods.	
CL 16V 6-8	<p>Quando i fiumi son pieni delli loro diluvi dacque allora e posto molta rena nelli lor fondi.</p> <p>La rena che ne fondi si ferma nelle grande inondazioni de fiumi si scarica dentro alli angoli della congiunzione de rami desso fiume</p>	

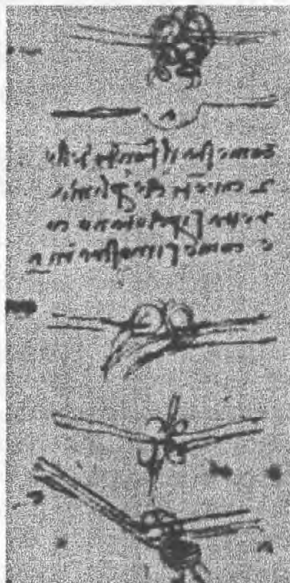
5.7

5	<p>"Come li angoli de letti di fiumi son creati . . ."</p> <p>Two river beds that form an angle correspond to two concurrent currents.</p>
<p>CL 20V 2-3 D1</p>	<p>Come li angoli de letti di fiumi son creati dalla congiunzione di due acque che insieme si scontrano</p> 

5	<p>"Lentrata dell un fiume nell altro . . . e ruina del fondo del fiume . . ."</p>
<p>CL 18V 30-33 D1</p>	<p>Lentrata dell un fiume nell altro ringorga lacque all uno e laltro fiume dopo il quale ringorgamento ne segue gran movimento dacque e ruina del fondo del fiume e a questo fiume principale si debbe nella congiunzione dessi fiumi allargare il letto del maggiore per tanto spazio quante e quel del minor fiume se non lacque salgano alle possessioni. (30-33)</p> 

<p>5 CL 19R 26-37 D1-3</p>	<p>"Quando due acque dequal potenza insieme sintersegano . . . si fara gran profondita e questo accade . . ."</p>
<p>Quando due acque dequal potenza insieme sintersegano sotto al loco della intersegazione si fara gran profondita e questo accade perche in tal sito lacque si radoppiano e quella che esce infra laria acquista peso e ricade infra l'altra e cosi si van raggirando e questo accade quando luna acqua supera l'altra nella intersegazione e ch'ell entra nell'aria che stando sotto acqua lacqua infra lacqua non pesa se non per moto veloce.</p> <p>Ma quando le intersegazioni dalli rami de fiumi son fatte sotto lacque esse non cavano il terren sotto di loro ma ancor che si cavalchino lacqua superiore non pesa onde non percote ne cava sotto di lei il fondo.</p> <p>E se le intersegazioni dell'acque son di disequal obbliquita e di pari potenza allora la manco obbliqua cavalchera sopra alla piu obbliqua.</p> <p>E se le predette acque son forte obblique esse non sintersegheranno ma si percoteranno e salzeranno in alto se sono alli confini dell'aria e dopo la percussion loro ritoneranno indrieto con moto refresso.</p> <p>Ancora se 2 acque insieme sicontrano che sieno di disequal potenza la piu potente leverà dinanti tutta la materia portata dall'acqua di minor potenza.</p>	<div data-bbox="748 620 992 1239" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1035 709 1311 1149" data-label="Image"> </div>

5	Hole in the sand bottom of a river: "...e lasciera subita profundita angolare dove lacque refresse si congiungano."	
CL 13V 1-8 D1	<p>Quando il fiume singrossa e che rimuove la rena col suo moto incidente esso fara londa massima dell'onda tarda e l suo fondo di grande altezza e lasciera subita profundita angolare dove lacque refresse si congiungano. (1-4)</p> <p>Sia la rena portata dal corso del fiume $a b c$ e $f b d$ dico che l termine de londa massima fia $b c$ e $b d$ la quale e di tardo moto perche essa non si gienera se prima non santicipa innanti colla sua basa la qual basa si causa della rena che di sopra e spinta dall acqua che ruina giu del suo colle e quivi sopra di se aspetta la succedente per la qual successivamente si viene a alzare equale alla sua sommita e questo accade ne fiumi di tardo corso. (4-8)</p>	


5	<p>"Dove due correnti si scontra per linia retta quivi si fara subita profundita essendo equali . . "</p> <p>Hole in the bottom at the encounter two streams. Different cases.</p>	
CL 13V 17-24 D4-8	<p>Dove due correnti si scontra per linia retta quivi si fara subita profundita essendo equali le correnti. Se le due correnti che per retta linia insieme siscontrano saran disequali per quantita dacqua la concavita del lor fondo sara fori del perpendiculare della lor percussione inverso dove lacque piegano il lor corso in uno o in due lochi oppositi.</p> <p>E se lacque che insieme si percuotano per retta linia saranno equali in quantita e disequali in obliquita quella di manco obbliquitu piu potente e la massima concavita del fondo sara inverso il lato del corso piu debole inverso dove lacque si piegano dopo la lor percussione come mostra $a b$ corso debole contra $b c$ corso potente. (See D8)</p>	

<p>5 CL 13V 25-43D10-11</p>	<p>"Quando due acque insieme si scontrano per retta linia e che luna sia grossa e tarda e l'altra piccola e veloce dico che . . ." Hole in the bottom at the encounter two streams. Different cases.</p>
<p>Quando due acque insieme si scontrano per retta linia e che luna sia grossa e tarda e l'altra piccola e veloce dico che la piu veloce percoterà tanto dell'acqua piu grossa quant e la grossezza della sua fronte e di quella farà il debito ufizio cioe che la riggiterà indrieto e la penetrerà insino al fondo co moto rincurvato perche il moto della piu debole in ogni grado di penetrazion che si fa in essa per lacqua piu potente si viene a torcere inverso il suo perpendicolare e caverà il <i>fondo</i> sotto la sua percussione e sotto larco della sua curvita e se l loco fia di gran profondita cioe tutta lacqua del maggior canale allora la curvita dell'acqua potente ara piu spazio da farsi piu curva onde farà il suo moto refresso inver di se medesima e poco ne farà in contro all avvenimento dell'acqua maggiore. (25-33)</p> <p>E se piu acque di varie potenzie concorreranno in un medesimo sitola piu potente osserverà piu il suo corso inver della sua opposita che nessuna delle altre e qui non fa caso esser piu grosse o men grosse luna dell'altra che ancora la piu veloce sia piu sottile dell'altra opposita essa non po combattere ne percotere l'altra se non in quantita eguale a se per grossezza e leccesso per lo quale la maggiore supera la minore non e trovato ne percosso dalla detta minore. (33-38)</p> <p>E se la piu veloce fussi piu grossa di ciascuna dell'altre che piu tardamente concorrano a un medesimo sito allora esa piu veloce percoterà piu dune dell'acque concorse onde quella concorrente che si truova piu in linia retta col corso dell'acqua veloce farà piu resistenza a quella parte della veloce che con seco si percuote onde per neciessita essa veloce sincipurverà piu inverso il suo perpendicolare che non fece il rimanente di tal veloce nel percotere la concorrente opposita per linia manco diritta (38-43)</p>	

5 CL 13V 43-49 D12-14	"E se due corrente strette e potenti concorreranno alla percussione duna corrente tarda e grossa e se caveranno . . ." Erosion at encounter of two currents.
--------------------------------	---

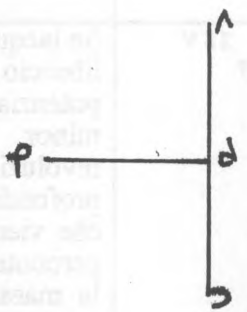
Delle figure delli ostaculi per riparare alle predette concavazioni de *fondi* fatte da diverse corrente piu o men potenti l'una che l'altra. E se due corrente strette e potenti concorreranno alla percussione duna corrente tarda e grossa e se caveranno sulla prima percussione del fondo lo caveranno in due lochi la qual concavita si riunira insieme in una sola e stretta concavita alla partita del moto refresso fatto delle predette acque potente che l'percossono e lacqua maggiore sapira e dara loco alle acque piu di lei veloce le quale si torra poi in compagnia quando sara in loro consumato limpeto e fatte equali a se per moto.



5	"Superficie dell'acqua fondo del fiume " Bottom profile at the encounter of two streams.	
CL 24R 36-41 D11 C.R. CL 18V 9-11	Come le corrente de fiumi si piegano essendo lateralmente percosse da altre corrente. Come non si piega la corrente del fiume se due altre corrente lateralmente e doppositi corsi la percotano con equal potenzie Superficie dell'acqua fondo del fiume (D11)	

5 CL 16R 8-16	Shape of depths at the encounter of two streams."La profondita de fondi de fiumi che sotto li scontri delle correnti si genera . . ."	
<p>Dove le 2 corrente insieme si scontrano e seguitano po insieme tal corrente esse cavano il fondo sotto la lore congiunzione. Ma que fiumi che dopo il loro scontro risaltano in contari siti il loco della lor congiunzione ara sotto di se gran concavita in forma di nave. (8-11)</p> <p>La profondita de fondi de fiumi che sotto li scontri delle correnti si genera ara tanto piu del lungo quanto langolo che si trova dentro alla congiunzion di tal correnti sara piu acuto e cosi de converso la profondita fatta sotto li scontri delle correnti de fiumi sara tanto piu corta e profonda quanto langolo delle 2 correnti fia piu grosso. Ma se le due correnti metteran lacque in pelago morto nella lor percussione e non si generera alcuna profondita sotto tal congiunzione perche non vi fia percussione.</p>		

5	<p>"Concezione Lacqua che piu corre e piu potente e piu consuma il suo fondo . . . " .Several "concezioni" on the erosion and deposition by a river or by the encounter of two rivers.</p>	
CL 16R 20-36	<p>Quando due correnti insieme sicontrano e che luna avanti esso scontro abbia percosso nell argine del fiume la profondita fatta nel detto scontro sara sotto il lato che non percosse la riva in A87. (20-22)</p> <p>Concezione Lacqua che piu corre e piu potente e piu consuma il suo fondo.</p> <p>Concezione Lacqua che sara piu tarda piu scarica le cose che con seco portava inanti che essa si ritardassi. Quando due corrente insieme si riuniscano il piu tardo si vien ancora piu a ritardare onde piu scarica la materia che lo intorbidava la qual materia il ramo piu potente subito porta con se le cose che col suo corso confinano e cosi si fa subita profondita da fondo del fiume tardo al fondo del veloce. (22-27)</p> <p>Concezione Lacqua corrente cava il suo fondo e la pigra lo riempie. Sempre dinatni all ostaculo lacqua si tarda e la rena del fondo sinonda 74 in A.(27-28) (See CL 16V (6))</p> <p>Quando londe refresse dalle rive si scontran nel mezzo della corrente esse partoriranno un terzo moto refresso il quale risalta in alto e nel ricadere cade in moto partecipante della lunghezza e latitudine del fiume in Aa75. Ma quando i moti refressi che risaltano dalle rive si varian come nel continuo accade cioe da maggiore o minore potenza allora il terzo suo moto refresso che si fa nel nezzo del fiume cadera ora a destra e ora a sinistra cioe sempre inverso lantecedente refressione piu debole in A75 (28 -33).</p> <p>Quando lacqua della corrente percuote il fondo e risalta in alto sopra il comun corso del fiume essa non e piu sospinta o portata dall avvenimento del fiume perche si trova infra laria onde essendo la sua basa portata via per essere unita coll acqua che corre e per questo londa ch era infra laria viene a cadere indiriecto (33-36)</p>	

5	<p>"Qui accade.4 casi cioe o li due fiumi sono equali in quantita dacqua e non di corso o e sono . . ." Encounter of two rivers, different cases.</p>	
<p>CL 5R 6-29 D 1</p>	<p>Se 2 fiumi insieme s'iscontrano per una medesima linia la qual sia retta e poi infra 2 angoli retti piglino insieme lor corso e seguira il frusso e refrusso ora a luno fiume ora allaltro avanti che sieno uniti e massime se luscita della loro unizione no sara piu veloce che quanderan disuniti</p> <p>Qui accade 4 casi cioe o li due fiumi sono equali in quantita dacqua e non di corso o e sono equali di corso e non di quantita dacqua o e non sono equali ne di corso ne dacqua o e sono equali di corso e dacque. Queste 4 differenze si causano per effetti nelli 2 primo che e eguale in quantita dacqua e non in corso quesro nasce per le varie obbliquita de lor fondi che quel che e piu veloce e meno obbliquo e tiene in se piu bassa lacqua e laltro che li viene per incontro e piu obbliquo e tien lacqua piu profonda.</p> <p>Quelli che sono equali di corso e non dacqua diriva per la varietà de le larghezze de fiumi e non dell obliquita de fondi</p> <p>Quelli che non sono equali ne di corso ne dacque po nascere per cause: o luno a manco acqua e piu veloce che laltra e po fare equalita di ringorgamento refrussivo ma piu lungo fia quello ringorgamento dellacqua piu piana e manco acquisto di profondita laltro opposto ringorgamento sara piu corto e piu profondo. Il 4^o modo e quello dove li 2 fiumi sono equali in quantita dacque e in corso questo per necessita e causato da equal quantita dacque a equal profondita latitudine e obliquita di fiumi.</p> <p>I fiumi sopradetti che si scontrano insieme con corso di comune rettitudine e po si piegano con equali angoli e si uniscano alla creazion dun fiume e ancora che essi sieno equali di quantita dacqua e di latitudine obbliquita e po accadere che non saranno equali di profondita e la causa nascerebbe daverè piu lunga osservazione d'obliquita lun chel altro la quale lunghezza essendo retta farebbe il corso della sua acqua piu veloce che la sua opposita onde ne seguirebbe manco profondita per la 7^a de 5^o ce dice che infra li fiumi dequal latitudine e obliquita di fondo quel sara di minor profondita il quale fia piu veloce ancora che in pari tempo versì tanta quantita dacqua lun come laltro e questa detta velocita e causata da piu lunga rettitudine d'obliquita lun che laltro.</p>	

5	<p>"Se lacqua che vien da tramontana e sincurvera a libeccio e ricevera da ponente un fiume di minor potenza di lei dentro alla sua linia maestra . . ."</p> <p>Effects on the flow and river bed of a minor river entering a larger river.</p>
<p>CL 25V 1-17 D1</p>	<p>Se lacqua che vien da tramontana e sincurvera a libeccio e ricevera da ponente un fiume di minor potenza di lei dentro alla sua linia maestra essa minor corrente saccompagnera colla rivoluzione dell'acqua maggiore e la maggiore profondita sara sotto il retroso come sia lacqua che viene da tramontana il fiume <i>a</i> la quale percuote la riva per libeccio in <i>m d f</i> dico che la maestra e quella che sta nel mezzo della corrente e percuote nel punto <i>d</i> e l fiume minore che percuote dentro a essa maestra per necessita non seguira il corso del fiume ma si voltera insieme col retroso e poi si sommergera sotto il principio della corrente insieme coll'acqua del maggiore retroso che cosi si prova.</p> <p>Se la acqua <i>c r</i> trova contro a di se lacqua <i>e r</i> de quale obliquita e potenza a lei e la truova e percuote dentro alla maestra <i>c d</i> (* come appare per <i>e d</i>) della corrente maggiore e luna e l'altra concorre nel angolo <i>t</i> e impossibile e che tale acqua <i>c r</i> acquisti movimento contro a corrente piu di lei potente cioe alla maestra <i>e d</i> onde si piega a piu facile e meno impedito corso il quale va sempre declinando da <i>d</i> maestra che e la piu alta parte della percussione insino in <i>r t n m o</i> e pero per tal declinazione ciascuna acqua volentieri concorre insino che la parte superiore percuote nella maggiore corrente nel sito <i>e</i> e si viene a inalzare mediante la predetta percussione nella sua maestra e gran parte ne cavalca e passa sopra la maggior corrente e quivi si divide in 2 contrari retrosi perche vi trova acqua morta de quali retrosi luno saccompagna e segue il maggior retroso e va a cavare trivellando il fondo del pelago e laltro fa il simile.</p>



LEONARDO DA VINCI

LIBRO DELL'ACQUA

6. DELLI OBBIETTI

**La scientia di questj obbietti e di grande vtilita
perche essa insegnja piegare li fiumj
pe sscifare le rujne de lochi da loro percossi**

CL 15V

6.1

<p>6</p> <p>CA 214bR</p>	<p>"Libro delle perchussione dell acque in diuersi obietti."</p> <p>This list of topics for books on water impactct (perchussione) is much more comprehensive than what Chapter 6 within the list of 15 in the Codex Leicester would be expected to be . See below: "Scontri dell acque nelli obbietti che cedano co moto circhulare come sono le rote . . dellj strumentj aquaticj", which belongs to Chapter 13. In a number of cases the object of impact is water itself, a subject which seems to belong more properly to Chapter 1.</p> <p>Continues in CA 214bV</p>
--------------------------	--

Libro delle perchussione dell acque in diuersi obietti.

Libro.

Scontri dell acque in obietti permanentj di diuerse figure che superano lacque.

Scontri dell acque in obietti immobili coperti dalle acque.

Scontri dell acque in obietti mobilj coperti dalle acque.

Scontri dell acque in obietti permanenti che superano lacque.

Scontri dell acque in obbietti piegabili superati dalle acque.

Scontri dell acque nelli obbietti piegabili che superano lacque.

Scontri dell acque nelli obbietti che cedano co moto circhulare come sono le rote de ~~molini~~-e ~~essimili~~ dellj strumentj aquaticj .

Libro.

Scontri dell acque in diuerse figure d obbietti resistentj e superati dalle acque.

Della perchussione di uarie grosseze d acque in pari obbliquita fatta nvn medesimo obbietto.

Delle perchussion nelli obbietti densi.

Della perchussione nelli obbietti rari.

Della perchussione nelli obbietti traforati.

Della caduta sopra vn obietto posto per uarie obbliquita.

Della caduta sopra diuersi obbietti.

Della caduta che non fa moto refresso.

Della caduta che njente noce all obbietto.

Della chaduta dell acqua che toccha il canale.

Acque perchosse in obbietti di doppia obbliquita

6
CA 214bV D1-12

Continuation of the list of topics from CA 214bR. Why did Leonardo include illustrations only for three or four topics ?
Marinoni: Accanto a ogni propozione sta un piccolo disegno che corrisponde al testo.

Della potentia dell acqua inpedita nel suo corso.

Della perchussione dell acqua che disscende per linja curua nel suo curuo canale.

Della perchussione dell acqua che disscende curua infra ll aria.

Della perchussione dell acqua trauersalmente incuruata.

Della perchussione del corso dell acqua interrotto coe che discende a uso di scala.

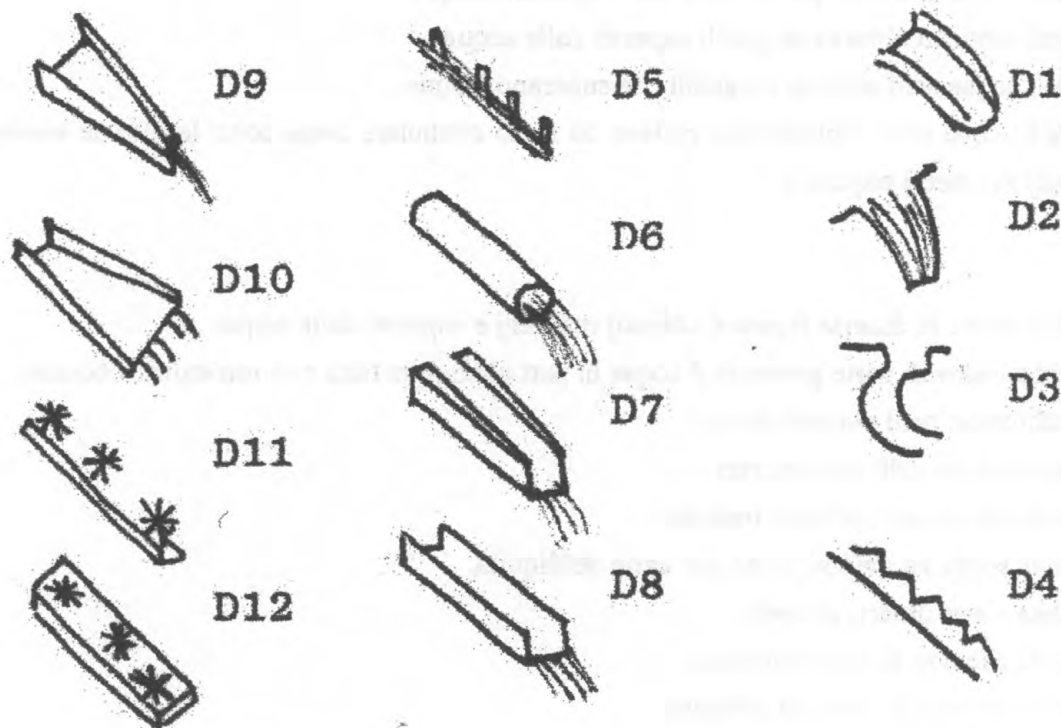
Della perchussione dell acqua di moto interrotto da diuersi obbietti che ss opongano al suo retto chorso.

Della perchussione dell acqua corente nel suo chondotto rettilinjio il quale solo e aperto nell entrata e uscita sua.

Della perchussione dell acqua che chorre per condotto aperto a vso di doccia.

Perchussione dell acqua che disscende per chanale equale in largheza e scoperto a vso di doccia.

Perchussione dacqua che disscende per doccia piramjdata allo n gu.



6	List of topics about impact (perchussione) of water on objects. "Obietti" are of many kinds: "densi., traforati, piegabili". In fact all this is about flow around bodies; the terminology of water impact or percussion lasted for long time in Italian writings about hydraulics. Even in the case of water hammer I would tend not to speak of percussion (or of hammer !). I would leave the terms impact or percussion for writings on solid bodies.
CA 201R-V	<p>1. A far che lla perchussione dell acqua niente nocha all obbietto.</p> <p>Ragiramenti dacque per lopositione di diuersi obbietti. 14 m</p> <p>De moti delle acque dopo la perchussione de loro obbietti.</p> <p>Delle concaujta che ffa llacqua dinanti allj sua obbietti.</p> <p>Della conchaujta che ffa llacqua dal lato e dopo li sua obbietti.</p> <p>Delli terrenj alzati delle acque dopo li sua obietti.</p> <p>Della diujsion de fiumj i nelo scontro de loro obbietti. CA 201R</p> <p>Delle cose coperte da corsi delle acque. Delle cose dissoperte dalle acque.</p> <p>Delle cose percosse dalle acque.</p> <p>Delle cose che perchotano le acque.</p> <p>1. Della perchussione nelli obbietti densi.</p> <p>1. Della perchussione dell acqua nelli obbietti traforati.</p> <p>1. Scontri delle acque infra lli obbietti dall acque coperti e resistenti alle percosse d esse acque.</p> <p>1. Scontri delle acque nelli obbietti coperti e injbilij. (Unstable)</p> <p>1. Scontri delle acque nellj obbietti che superano le acque e sson permanenti.</p> <p>1. Scontri delle acque nelli obbietti piegabili e somersi quali danno locho alla superchia forza dell acqua e poi che son vinti ritornano a llor p^o-sito.</p> <p>1. Scontro delle acque nelli obietti piegabili li quali superano le acque.</p> <p>1. Scontri delle acque sopra diferente figure d obietti stabili superati da esse acque.</p>

6	"Delli obbietti semplici . . . E delli obbietti composti . . .". List of topics about diverse objects placed in water currents.	
CL 14 19-25	<p>Delli obbietti semplici cioe figure retonde.</p> <p>E delli obbietti composti cioe figure laterali.</p> <p>Delli obbietti che superan lacqua.</p> <p>Delli obbietti superati dall acqua.</p> <p>Delli obbietti diritti.</p> <p>Delli obbietti obliqui inverso lo avvenimento delle acque.</p> <p>Delli obbietti obliqui inverso la fuga delle acque.</p> <p>Delli obbietti piramidali colla basa posata in terra.</p> <p>Delli obietti piramidali colla basa voltata al celo.</p> <p>Di tutti e predetti obbietti superati dalle acque.</p> <p>Delli obbietti concavi inverso lavvenimento dell acque.</p> <p>Delli obbietti convessi inver lavvenimento dell acque</p> <p>Delli obbietti obliqui inverso largine de fiumi. (19 -25)</p>	

6	"De corpi immobili che son percossi dall acque"	
CL 20R 26	De corpi immobili che son percossi dall acque	

6	<p>"La scienza di questi obbietti e di grande utilita . . ."</p> <p>"The science of these objects is very useful . . ."</p> <p>"Variansi e fondi de fiumi dopo le loro inondazioni in tanti lochi quanti sono e siti dove si variano e sua ostaculi".</p>	
CL 15V	(Propositioni 38)	
58-59		
D1-12	La scienza di questi obbietti e di grande utilita perche essa insegna piegare li fiumi e schifare le ruine de lochi da loro percossi	
17-29	<p>Variansi e fondi de fiumi dopo le loro inondazioni in tanti lochi quanti sono e siti dove si variano e sua ostaculi.</p> <p>Quel ch e detto accade perche li ostaculi delle acque son quelli che son causa di riempiere o votare i fondi de fiumi perche se lacqua percote dentro alli ostaculi e non li supera essa cava il terren dinanti a quegli e riempie dirieto e se lacqua percote lostaculo e lo supera essa li cava il terren dinanti e dirieto e sella lo supera e circunda essa li cava il terren da ogni parte salvo da quel lato dove e forte obbliquo perche in tal loco non a caduta e ancora piu profonda dove fia piu potente la percussione dell acqua o la sua corrente.</p> <p>Li ostaculi immobili de fiumi son causa di mantener lisole le secche e le lor profondita perche sempre fanno fermo scudo allo avvenimento delle acque.</p> <p>Se lo ostaculo ara grande obbliquita contro all avvenimento delle acque e dallato e dopo sia diritto allora essendo superato dall onde el fiume non li levera terren dinanzi ma dallato e dopo si.</p> <p>E se lostaculo sara diritto dinanti e obbliquo dirieto lacqua che lo supera li fara gran concavita dinanti e non dirieto</p>	

6	" Li ostaculi dell acqua anno ne loro intervalli . . ." Separation of obstacles depends on power of current.	
CL 20V 41-43	Li ostaculi dell acqua anno ne loro intervalli la massima lunghezza per quella via dove il corso dell acqua e piu potente e l minore intervallo fia dove il corso fia piu tardo	

6	"Lobbietto interposto infra largine e l corso dell acqua fa tanti vari ofizi . . ."	
CL 5V 12-15	<p>Lobbietto interposto infra largine e l corso dell acqua fa tanti vari ofizi quante son le varia de delle obliquita dell predetto corso delle acque.</p> <p>Una medesima obliquita dacqua che percote l obbietto antiposto all argine fa tante varia de di concavita infra lobbietto e largine quante sono le varia de delle distanzie che a tale obbietto dall argine essendo tale obbietto duna medesima figura e con eguale aspetto situato.</p> <p>Lacqua che percoterà prima lobbietto antiposto all argine fara tanti vari effetti quanto fieno varie le profondita delle acque che superano il predetto obbietto.</p> <p>Le varia de de termini dello intervallo che sinterpone infra lobbietto e largine sono 4 delle quali lo primo porremo che sia parallelo per longitudine e prodondita il 2° fia parallelo per longitudine e non per profondita il 3° fia parallelo per profondita e non per longitudine il 4° non fia parallelo ne per longitudine ne per profondita.</p> <p>Lobbietto antiposto all argine ancora lui cade ne sopra detti 4 accidenti cioe o egli e paralelo per latitudine e per profondita o egli e per profondita e non per latitudine o si vero per latitudine e non per profondita o egli non e parallelo ne per latitudine ne etiam per profondita. (CL 5V,12 - 25)</p>	

6	<p>"Nessuna ringorgazione potra mai stremare la data quantita dacqua che discende duna data caduta se essa caduta sara serrata . . ." Three attempts at saying the same thing about the effect of an obstacle to the flow of water.</p>	
CL 30V 26-34	<p>Contro alli mulini di Sancto Nicolo che non vogliano ostaculo alcuno nella lor gora</p> <p>Lacqua che discende duna data altezza della quale altezza sempre mette una terminata quantita dacqua essa quantita non manchera mai del suo ordine per nessuno ostaculo que far si potessi piu basso che la prima caduta dell acqua.</p> <p>Nessuno ostaculo o ver ringorgazione dacqua che far si potessi in qualunque loco s</p> <p>Nessuna ringorgazione potra mai stremare la data quantita dacqua che discende duna data caduta se essa caduta sara serrata</p>	

6.3.1

6	<p>"Tre sono li aspetti del moto che fa lacqua refressa dalla sua percussione dentro allacqua da lei penetrata" About the three aspects of flow of water as it impacts an object.</p>	
CL 29R 10-21	<p>Ora lacqua alla quale e impedito il suo retto moto percote lobbietto che la impedisce e immediate nol potendo penetrarlo si refrette infra angoli quasi equali dopo la qual percussione si divide e si fugge per diverse linie dall loco percosso delle quali quella che si leva infra laria acquista peso e ricade e penetra laltra acqua come cosa grave dopo la quale percote e consuma il fondo del fiume ma nella sua penetrazione e percossa dall acqua che corre sotto la sua superfizie e di grado in grado e ricacciata con moti triplicati inverso il loco che prima percosse.</p> <p>(Tre sono li aspetti del moto che fa lacqua refressa dalla sua percussione dentro allacqua da lei penetrata). El primo moto e inverso il fondo dell acqua. Il 2^o e inverso il loco dove lacqua si move. Il 3^o e moto revertiginoso a uso di vite trivellando sempre largine e l fondo dove si confrega e sempre ripigliando le forse dalla succedente acqua refressa dal argine che dall aria sopra di lei discende e la risommergie con seco di novo al fondo.. (CL 29R. 10-21)</p>	

6 CL 25 V 17-32 D2-6	"Ogni corrente a 3 linee centrali le quali son situate in mezzo alla sua maggior potenza " Components of flow of a current approaching an obstacle. Remarkable drawings. Centuries passed before necklace and horsevorices were rediscovered.
----------------------------	--

Qui ti bisogna seguitare con ordine cioe distinguendo in proposizioni a membro a membro di ciascuna parte e cosi sarai senza confusione bene inteso.

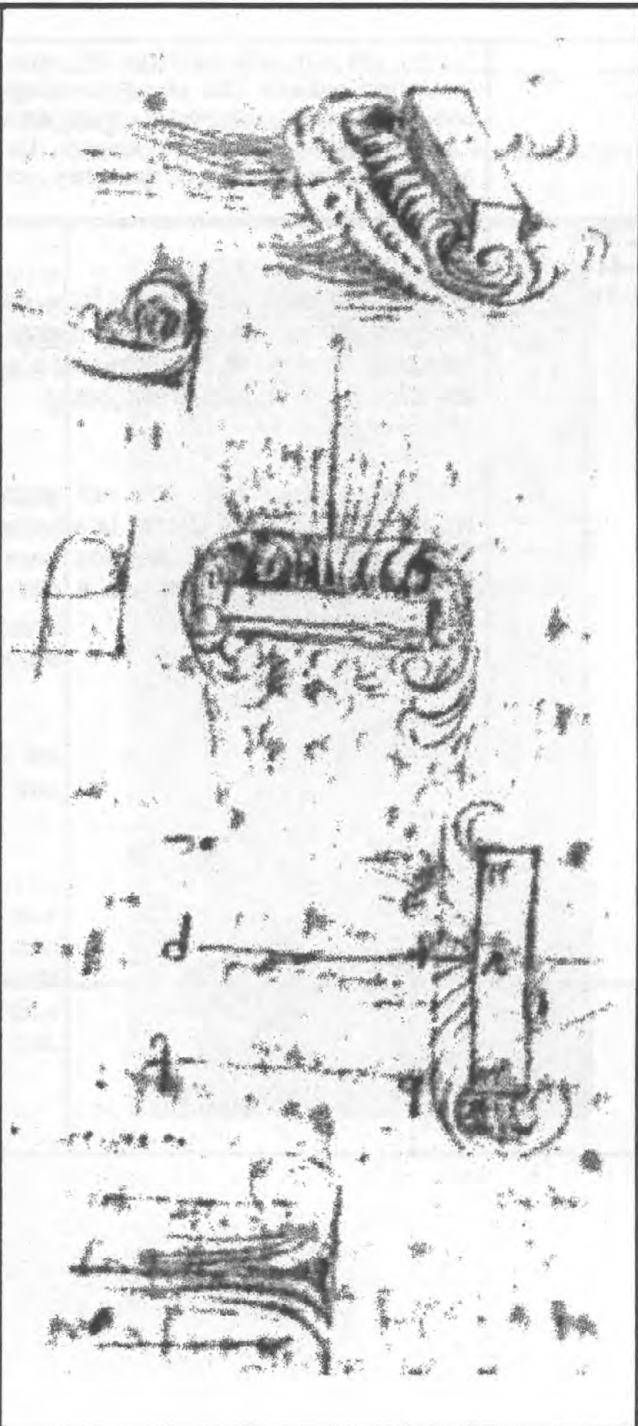
E di cosi (17-18)


Ogni corrente a 3 linee centrali le quali son situate in mezzo alla sua maggior potenza delle quali una ne sta nel contatto che fa lacqua col fondo che la riceve la 2^a sta nel mezzo della sua profondita e larghezza la 3^a si forma nella superfiizie ma quella di mezzo e la principale che guida tutto il corso e divide tutti li moti refressi e li dirizza alli lor debiti aspetti.

La superiore linia centrale della corrente dell acque e la piu alta linia del moto incidente e la piu bassa del moto refresso revertiginoso cioe che sarriverscia in diietro e ricade sopra lacqua incidente sopra la quale piglia balzo ma lasciereno stare le rivoluzioni dell acque e li sua cambiamenti dal di sotto al di sopra in quanto a queste difinitioni e parleren sempre dell acqua che rimane in superfizie cioe in quanto alle linee cenrali.

La linia centrale della superfizie della corrente sempre sta nella piu eminente parte de lacqua la quale circunda lobbietto da lei percosso e linia centrale e sol quella che dopo la percussione dell obbietto di piana fronte ricade sopra s

La linia centrale del fondo della corrente dopo la percussione che essa fa nello *obbietto piano* si rivolta inverso il cenro del mondo e tanto si raggira rasgando il fondo ch essa fa concavita capace della sua debita rivoluzione e tutte laltre linee laterali cavano il fondo per obbliquo e medesima e



6	<p>"La piu alta parte della superfizie dell acqua che percotte lobbietto . . ." Flow against obstacles; symmetric and not. This passage confirms my impression of Leonardo not having an explicit notion and term for symmetric objects symmetrically placed. The word symmetry - or equivalent - is not in his vocabulary. However, Leonardo was deemed by Hermann Weyl and Matilde Macagno to have understood symmetry quite well. (See Introduction to IIHR Mon. 1220</p>
<p>CL 25V 38-41 D8-10</p>	<p>La piu alta parte della superfizie dell acqua che percotte lobbietto sara nel mezzo del suo obbietto se sara di fronte piana o acuta con lati dequale obbliquità e lunghezza</p> <p>Ma se langolo non sara nel mezzo della fronte dello obbietto allora la somma altezza dell onda che l percuote non sara piu in mezzo a essa fronte ma fia a riscontro all predetto angolo</p> 

6
CL 16V
27-36
D3-6

"Dove lacqua percote in ostaculo di maggiore obliquita di li risalta in dirieto con . . . " "E se lobbietto percosso dalla corrente sara cosa piegabile o fressibile allora . . ."
Effects of the way the flow approaches the obstacle. Effects of the nature of the obstacle (rigid or flexible obstacle).

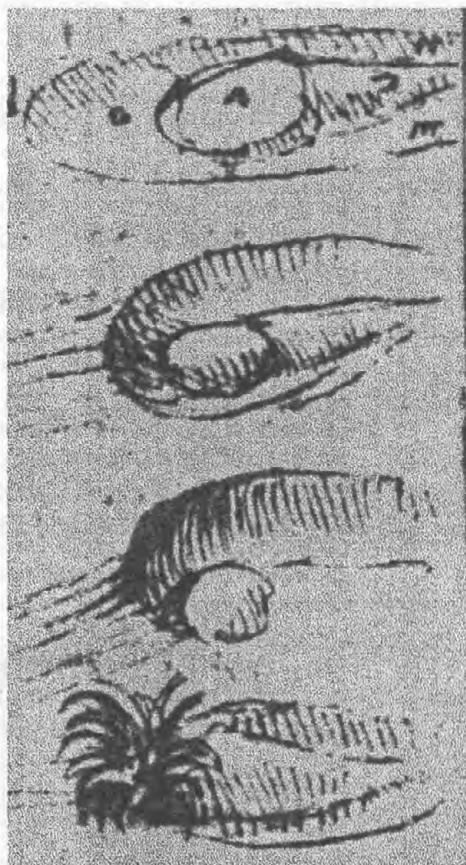
Dove lacqua percote in ostaculo di maggiore obliquita di li risalta in dirieto con maggiore distanza e con manco profondita: come se lacqua venissi di b e percotessi nel ostaculo a dico che l moto refresso risalera da l a insino in b e profonderassi poco in o .

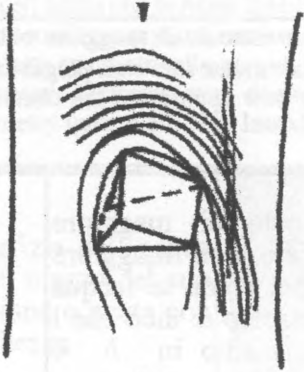
Se la corrente truova lostaculo in mezzo alla quantita di se medesima essa si divide in 2 parte equali poi che essa a percosso esso ostaculo.

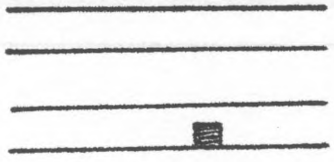
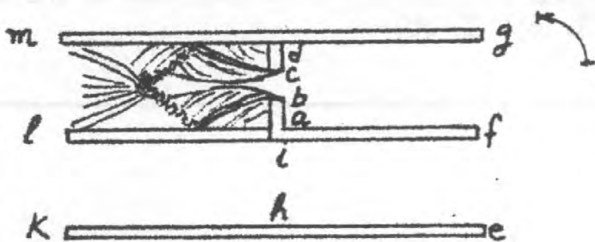
Ma se la corrente truova lostaculo con parte disequal di se stessa allora disequal fia dall ostaculo divisa essa corrente.

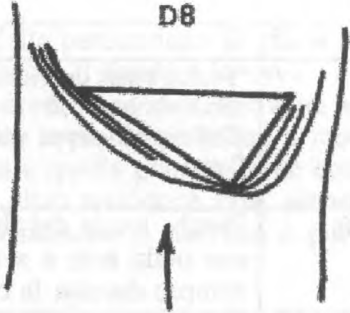
E se la corrente truova lostaculo dall un de sua lati allor essa corrente cavera il terreno da un sol lato desso obbietto.

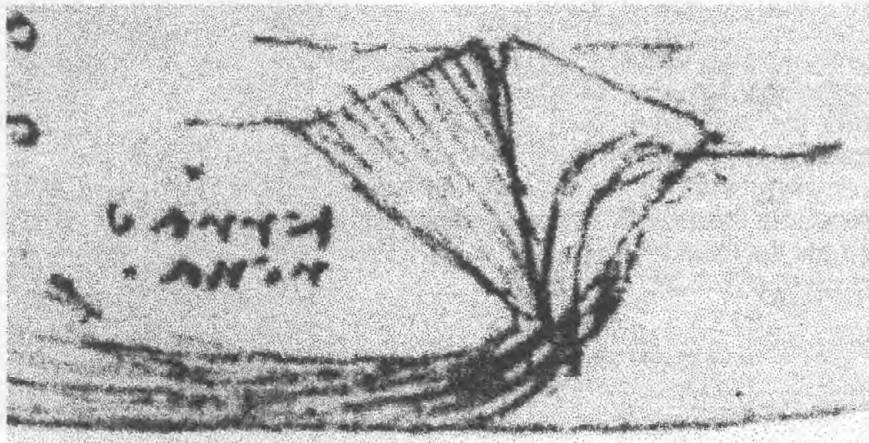
E se lobbietto percosso dalla corrente sara cosa piegabile o fressibile allora il moto refresso non potra cavare il terreno dinanti a esso ostaculo e non balza perche non a chi resista o aspetti il colpo onde si pone molto terren dinanti al suo corso cioe dinanzi a tale obbietto senza cavamento de sua lati.
(CL 16V. 27-36)



6	<p>Flow around an obstacle in a canal.</p> <p>The drawing, similar to others of Leonardo (see, e.g. MsH 30R D8), depicts, in a rather sketchy way, the flow around a partially submerged body which looks like an irregular polyhedron with triangular and quadrilateral faces, at least for the visible part of it. There appear to be two boundaries to the flow as if the obstacle were in a water channel. The curved lines are mainly incomplete depictions of stationary waves bending around the obstacle. Some lines (not shown in my sketch) in the wake of this flow belong really to D1.</p>
Ms H 27V D2	 <p style="text-align: center;">D2</p>

6	<p>Influence of obstruction in channel flow. In T1 we find a question of hydraulics of open channels which is clearly stated, although some details which will make it more accurately defined are left out. Note that D2 shows a good understanding of the flow downstream from the constriction. Of course, it shows only one of the possible configurations. Note that both T1 and D2 state that the obstruction occupies 2/3 of the width, not 1/3; the width is not reduced to 2/3 but to 1/3 by such an obstruction. D1 is a sketch which may indicate two channels, one free, and the other with an obstruction.</p>
Ms H 83V T1D1-2	<p>se i fondi di 2 canalj saranno dequale oblquijta ellargeza edi parj acqua e lluno sia serato nel mezo della sua largezai 2/3 dessa largeza e llaltrosia dequale largeza domando quale versera piv acqua.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>D1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>D2</p> </div> </div>

6	Flow around obstacle in river and its location. Note the similarity of D8 in this folio and D2 in f. 27V; the second being a somewhat better sketch of these phenomena.	
Ms H 30R T4D8	se lla cosa grieve al corso dellacqua resistente si trovera i me.	

6 CL 16V 36-45 D8	"E se lo ostaculo sara congiunto all argine del fiume . . ."Flow about obstacle attached to a river bank, or implanted on a river bed.
<p>E se lo ostaculo sara congiunto all argine del fiume il quale sia laterato con due reti lati a modo dacuto scudo e che li sua lati sien perpendicolari inverso il fondo allora lacqua percoterà quello lato di tale ostaculo che volta al suo avvenimento e saltera in alto e cadera sopra il suo fondamento e lacqua ripercossa sopra del fondo risalta co sua moti refressi per diverse linie ma piu inverso il fondamento del suo ostaculo perche (lacqua che cade sopra il suo fondo risalta per diverse linie delle quali piu potente son quelle che sono aumentate dall avvenimento del fiume che in tale ostaculo percote).</p> <p>Ma se lo ostaculo triangulare nasciera colla sua obbliquita sotto il fondo dell acque che lo circondano allora lacque non potran mai per nessun lato pigliare percussione dalcuna potenza e per conseguenza non balzeranno ne creeranno moto refresso dalcuna valetudine onde il fondo fia cavato forte remoto dalli fondamenti di tale ostaculo</p>	
	

6.3.2

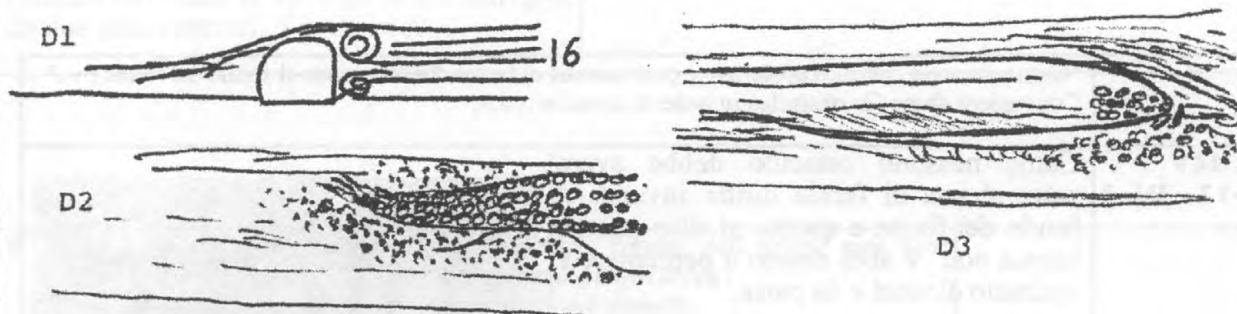
6	"Perche londa del fiume creata sopra uno sasso coperto da ess onda non e sempre . . ." Different kinds of waves form over an obstacle covered by a water flow	
CL 15R 34-36	Perche londa del fiume creata sopra uno sasso coperto da ess onda non e sempre duna medesima figura ancor che sempre durassi la continuazione dell acqua che la genera. (34-36)	

6	"La revertigine dell acque rigiunte insieme dopo lobbietto che le divide risalterano . . ." Vortices are responsible for erosion around obstacles in a flow.	
CL 22R 11-18 D2-3	<p>Quando lacqua refressa dalla percussion del fondo trovera ostaculo ch ella lo possi circondare essa menera gran ruina nel primo ostaculo dov essa percote poi che si sara riunita e sempre il suo moto sara revertiginoso e consumatore della materia ove si raggira perche porta nel suo furore matera assai come rena e ghiara le quali percotano raschiano e consumano al continuo ogni loro ostaculo.</p> <p>La revertigine dell acque rigiunte insieme dopo lobbietto che le divide risalterano colle lor cirulazione nell opposita parte dello ostaculo dopo la lor percussione e cosi seguira tal moto tortuoso a uso di chiocciola insino a la superfizie dell acqua sempre declinando insieme col moto dessa corrente.(CL 22R. 11-18)</p>	

6	"Lacqua che percuote nel suo ostaculo dal mezzo della percussione in giu si rivolta inverso il fondo . . . " Vortices at obstacle and erosion around it.
CL 21R 23-29	Lacqua che percuote nel suo ostaculo dal mezzo della percussione in giu si rivolta inverso il fondo con moto incurvato e retroso e percote il fondo e lo cava a piedi delle base del predetto ostaculo e dal mezzo della percussione in su si rivolta ancora in moto retroso il quale per limpeto refresso risalta sopra l'altra acqua a modo di bollore ove acquista peso e ricade infra l'altra acqua e quella penetra come cosa piu di lei grave e giunta al fondo si congiugne coll'altro retroso e cosi aumenta il predetto cavamento del fondo e cosi raggirandosi insieme si movano a pie dello obietto facendo concavita a uso di profonda barca.

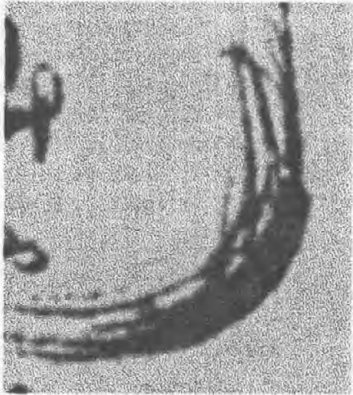
6 Ms H 82V T1, D1, D2, D3	"i retrosi che mettano i mezzo l'altezza della caduta . . . " Vortices in water fall and obstacle. It seems that Leonardo began to write the number 16 on top of T1 but finally put it beside D1. But D1 does not seem to represent what T1 describes with words. D1 is similar to some sketches of horse-shoe and necklace vortices in the Codex Hammer. Drawings D2 and D3 may be related to T1, but, if so, the relation is not obvious, and further study is needed to establish the meaning of these two sketches.
--	---

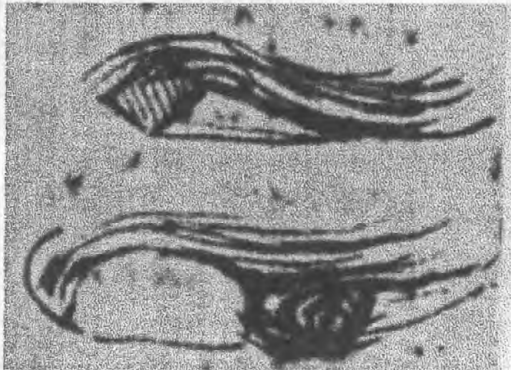
i retrosi che mettano i mezzo l'altezza della caduta dell'acqua fino al balzo dell'acqua e alle sue argine.



6.4

6	"Un piccol palo fitto nel fondo della corrente fara concavare il fiume per lungo spazio . . ."	
CL 16R 37-38	Un piccol palo fitto nel fondo della corrente fara concavare il fiume per lungo spazio dalla predetta corrente / in A a 74	

6	"Sempre a pie dell obbietto che fa piegare il fiume . . ." Erosion upstream and downstream of an obstacle.	
CL 28V 27-28 D7	Sempre a pie dell obbietto che fa piegare il fiume fia gran profondita e a riscontro poca	

6	"Come nessuno ostaculo. debbe avere parte alcuna di faccia diritta inverso il fondo del fiume . . ." Convenient shape for obstacles in order to avoid erosion.	
CL 24V 10-12 D1-2	Come nessuno ostaculo debbe avere parte alcuna di faccia diritta inverso il fondo del fiume e questo si dice perche lacqua non v abbi dentro a percuotere e scalzarlo dinanzi e da parte.	

<p>6</p> <p>CL 13R</p> <p>19-29 D3-4</p>	<p>"Quando la circunvolubile onda refressa dall obbietto ove percote inverso il fondo del fiume e . . ."</p> <p>Patterns of flow and erosion on upstream side of obstacle. Leonardo discovered the horseshoe vortices in three-dimensional flow around objects. That this may be a two-dimensional case, I am not sure. Leonardo described in CL13VD9 a glass-walled flume in which observations of these phenomena may have taken place.</p>
--	---

Quando la circunvolubile onda refressa dall obbietto ove percote inverso il fondo del fiume e che nel processo della sua rivoluzione si scontra nell onda incidente che di sopra le passa parte di lei seguita la gia principiata rivoluzione e parte se ne gitta in opposita rivoluzione e percote la spiaggia onde discende la rena dell antiposto colle come se lacqua che percuote l obbietto venissi per la linia *b a* e percotessi nello obbietto *a* dico che subito si rigirera inverso il fondo *d* e quel percosso si rigirera in alto con moto circolare e percoterà nella corrente che sopra le passa in *c* onde in tal percussione si dividerà si com ella fece nello obbietto *a* e parte ne rigirera inverso la corrente *f e* e cosi seguira suo moto // 86 in A

Sempre dove il moto refresso che indirieto si rivolta si scontra nella corrente quivi sara poca profondita dacqua perche in tal sito si crea il colle della rena tagliente nel suo culmine del quale le spiagge son confregate da due moti contrari. // in 85 in A



<p>6</p>	<p>"Quando l'obliquita dello ostaculo coperto dall'acque sara forte obliquo inverso l'avvenimento delle acque allora . . ."</p> <p>Transport phenomena around inclined obstacle.</p>	
<p>CL 24R</p> <p>4-6</p>	<p>Quando l'obliquita dello ostaculo coperto dall'acque sara forte obliquo inverso l'avvenimento delle acque allora la percussione dell'acque poco caverà dinanzi a tale ostaculo e assai terreno porrà dopo tale ostaculo</p>	

6

CL 24R

7-20 D1-10

"Quando lostaculo sara forte diritto e che lacqua lo superi allora . . ."

Erosion patterns around different obstacles differently placed. I did extensive experiments of this kind in flumes in Karlsruhe and Iowa Universities. See Macagno 1985 Berlin.

Notable among D1-10 here are the last two, where I believe Leonardo depicted the 3-D and 2-D cases of erosion upstream of an obstacle. (See CL 13R D3-4)

Quando lostaculo sara forte diritto e che lacqua lo superi allora se li fara gran concavita dinanti e poco terren si nascondera dopo di lui

E se lo ostaculo ara dinanti a se ostacul minore il quale sappoggi a lui allora nessuna concavita sara dinanti a esso minore ostaculo per quanto dura la sua quantita.

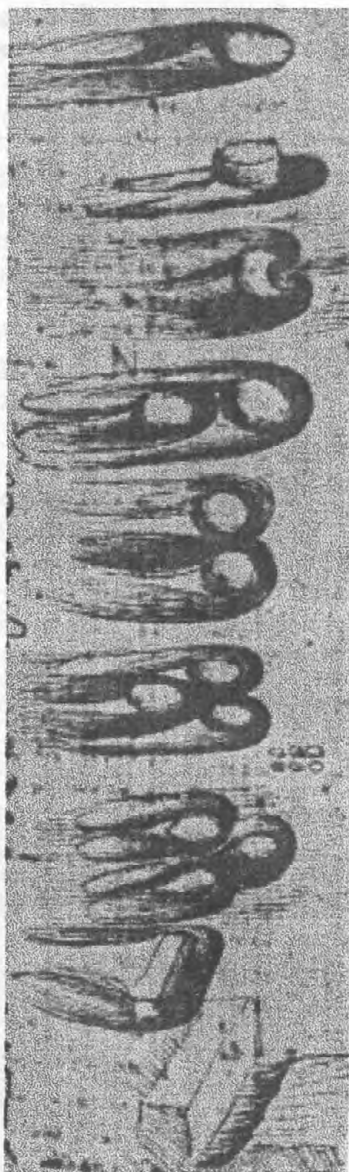
E se lostaculo ara un altr ostaculo dopo se vicinamente il colle della rena sara subito tagliato e profondato di nuova concavita.

Ma se tale ostaculo nara un altro simile al lato a se fra li quali possa passare la corrente allor gran profondita sara infra luno e laltro.

E se tre ostaculi saranno in tal modo situati ch e loro intervalli sieno equali a ciascun delli ostaculi e che la corrente entri in fra li due primi e percota nel 3^o allor fia massima profondita in mezzo delli 3 ostaculi predetti.

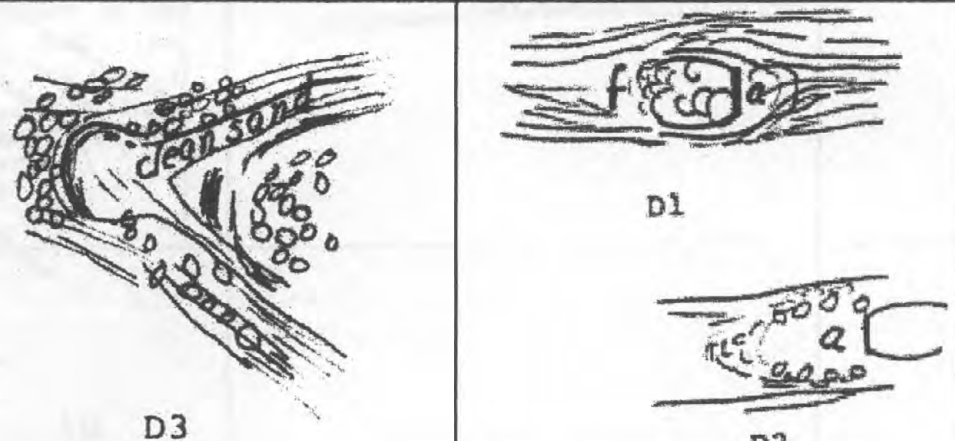
E se alli 3 ostaculi equidistanti in figura triangulare lacqua percoterà nel primo e poi passera fra li 2 seguenti allora l'infima profondita sara in mezzo de 3 predetti ostaculi. Lostaculo di lungha figura (~~in forma d'argine~~) il quale sia percosso per obbliquo in faccia dalla corrente ara dinanzi a se gran concavita e se lacqua non cade dopo lui li porra gran quantita di terra dopo le spalle


E se lacqua percoterà nel argine infra angoli equali o per obliquo allora gran profondita si fara a piedi e dinanti a tale argine

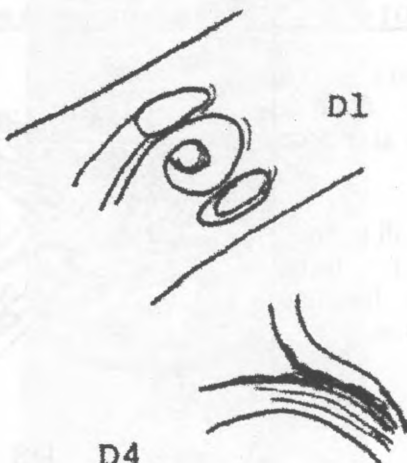


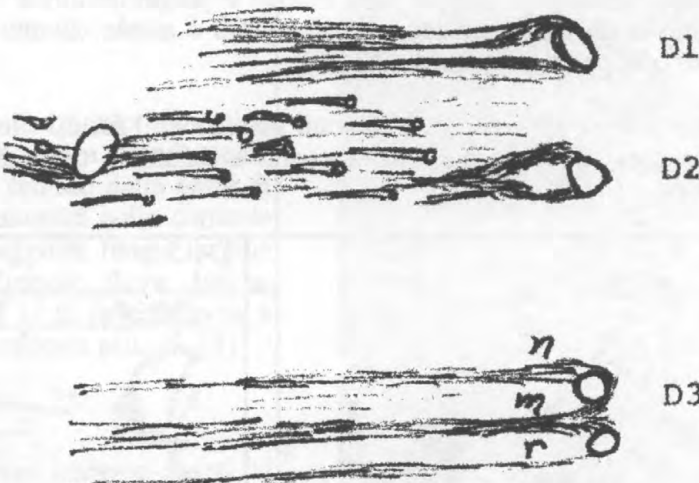
6	"...dinanti all ostaculo lacqua si tarda e la rena del fondo s innonda."	
CL 16R 26-27	Concezione Lacqua corrente cava il suo fondo e la pigra lo riempie. Sempre dinanti all ostaculo lacqua si tarda e la rena del fondo s innonda / 74 in A.(27-28)	



6	"...e cavano il fondo nella lunghezza del lor concorso in figura navale..." Erosion in the shape of a hull downstream from submerged obstacle.	
CL 21R 35-39	Dove l'ostaculo sinterpone al corso dell'acque infra la superficie e il fondo il quale non sia di molta latitudine dopo tale obbietto il fiume fara la sua corrente sopra la maggiore sua profondita e questo accade perche lacqua che cade di tale ostaculo cava il fondo ove percuote e lacqua laterale che cinge tale obbietto viene a correre in tal bassezza e saccompagnano insieme e cavano il fondo nella lunghezza del lor concorso in figura navale: in A 89	

6	<p>Erosion and deposit due to obstacle in canal.</p> <p>In my monograph on the Ms H, I have interpreted 'si ridoce rena' taking into account that Leonardo deals with a similar situation in the Codex Hammer, in which he reports the existence of the horse-shoe vortex upstream of obstacles in a free-surface flow. (See Macagno 1987a). In addition, I took into account the meaning in "ridurre le pecore al redile". The scour hole around an obstacle implanted on a sand bed is a complex phenomenon, but here we seem to have the case in which there is some amount of deposit downstream.</p> <p>The third drawing seems to be a detail, perhaps of the upstream end of an obstacle in a flow. Probably there are piles of gravel, and in the bottom, perhaps, there is a channel which has been cleaned from sand; this would be confirmed if 'netta rena' would mean that sand is taken away. If it means 'clean sand' then we must think that there is sand there, and I wonder if this would not be the downstream end of the obstacle, in such a case.</p>	
Ms H 34R T1-2D1-3	<p>a. sara vn sasso dopo il quale si ridoce rena.</p> <p>fondi di sopra da .f. lacqua torna indiriato verso .a.</p>	 <p>D1</p> <p>D2</p> <p>D3</p>

6	<p>"... tanto me rena lascia dopo se."</p> <p>Two faint sketches, D2 and D3, show water flow over bodies which probably are cylindrical. In D2 there seem to be two surface profiles, or two modes of flow. Supposedly, these different modes produce different amounts of sediment downstream from the obstacle. The meaning of D4 could be hydraulic, but without more study it seems difficult to tell what was meant to represent.</p>
<p>Ms H 39 V</p> <p>T1 D2,3</p>	<p>quanto la cosa che divide lacq fiapiv distante alla superfitie tanto me rena lascia dopo se.</p> <div data-bbox="873 342 1281 806">  <p>D2</p> <p>D3</p> </div>

6	<p>Scour between two obstacles of two currents. The connection between T1 and D1 is somewhat obscure, because without the text one would surely not see a current coming upon two obstacles in D1; what I see are a wake behind one obstacle and, perhaps, a vortex, or a hole, in between the two obstacles. D4 represents a confluence of two water streams followed by a curved channel, in which the main flow is indicated, or perhaps the scour trough in the bed.</p>
<p>Ms H 40 V</p> <p>T1,4D1,4</p>	<p>cava fra due obietti. (T1)</p> <p>ove ja acqa si givgnie col altracon acuto an fara gran profondita. (T4)</p> <div data-bbox="844 1209 1281 1713">  <p>D1</p> <p>D4</p> </div>

<p>6</p> <p>Ms I 84R T1-4D1-3</p>	<p>“de fondi discopertj el modo perche e consummato e posto “</p> <p>The sketches D1-3 are very similar to the many drawings of scour patterns around obstacles in the Codex Leicester, where Leonardo goes much farther in the study of the flow patterns that develop around obstacles in free-surface flows. [see Macagno 1986a, 1987a, 1988a where experiments at the Iowa Institute of Hydraulic Research by the author, especially designed and conducted to gain insight into Leonardo's studies are reported.]. In other notebooks there are also similar comments by Leonardo [e.g. Ms H Monograph, Macagno 1988].</p>
<p>de fondi discopertj el modo perche e consummato e posto.(T1)</p> <p>il maggiore chaou sara trovato in .c.(T2)</p> <p>sara piv cavato il canale .m. che .n. ho .r. (T3)</p> <p>dove tu troveraj molta rena tu troverai al suo fine dinanzi e di dietro giara o tufo scoperto.</p> <p>la rena e scaricata a riscontro della fuga de llacque perche in tale loco non po stare cosa che resista a tale dirizato corso onde le giere si scaricano dai lati di detto corso e lla rena quando il corso si fa manco veloce si fa coperchio della giara.</p> <p>alcuna volta le piccole piene leuano delle pianvre le frasse e lle scaricano ne piccoli motj po rinforzato mettano la rena sopra i terminj desse frasse e crescendo portano giara e altre pietre. (T4)</p>	 <p>D1</p> <p>D2</p> <p>D3</p>

<p>6 CL 17R 32-42 D4-5</p>	<p>"Ostaculo erboso", " acqua passa tra due ostacoli" . "Quando lacqua supera il suo ostaculo essa cava il fondo inanzi e dopo . . . Quando lo ostaculo non e superato . . ." Different erosion patterns around different obstacles on a river bed.</p>
<p>Come lo impedimento dell acque posto sopra la rena ove esse acque corrano e cagione dalzare la rena dopo se [figura intercalata D4]. Quando lacqua supera il suo ostaculo essa cava il fondo inanzi e dopo ess ostaculo [D5].</p> <p>Quando lo ostaculo non e superato dalle acque in modo che sopra di lui salzino e poi caggino dopo lui allora il fondo sabbassa dinanzi allo ostaculo.</p> <p>Lacqua che percote nello ostaculo e che non lo superi essa cava il fondo dalli lati di tale ostaculo.</p> <p>Tanto si cava il fondo laterale delli ostaculi dell acque piu da un lato che dall altro quant e lacqua alla sua corrente piu da un lato che de laltro vicina [D6].</p> <p>Quando lostaculo dell acque sara erboso e piegabile allora lacque che dentro vi percotano poco sbalzano in dirieto e per conseguenza poco o niente cavano il terren dinanti a se e assai materia scaricano dopo tale ostaculo. (32-40)</p> <p>Quando lacqua passa infra 2 ostaculi essa cava il fondo dinanzi e dal lato a essi ostaculi e pon materia assai dopo loro e questi sanno a chiamare ostaculi composti e li altri detti si dichino semplici. (41-42)</p>	
<p>D6</p> 	<p>D4-5</p> 

6 CL 14R 1-19 D1-10	" Quando le due correnti siscontreranno insieme immediate che luna di loro ara percosso l obbietto ..." Erosion due to obstacles placed in currents and at meeting of concurrent currents.
--	--

(Casi 26)

Quando le due correnti siscontreranno insieme immediate che luna di loro ara percosso l obbietto che supera lacqua allora accadera subita e gran profondita come accade nella corrente *a c* che poi ch ell a percosso in *f* obbietto che supera lacqua essa cava in *p* nel qual sito la corente *b d* immediate vi percote e trovando forte concavato il fondo del pelago ancora aumenta la predetta concavita (1-4)

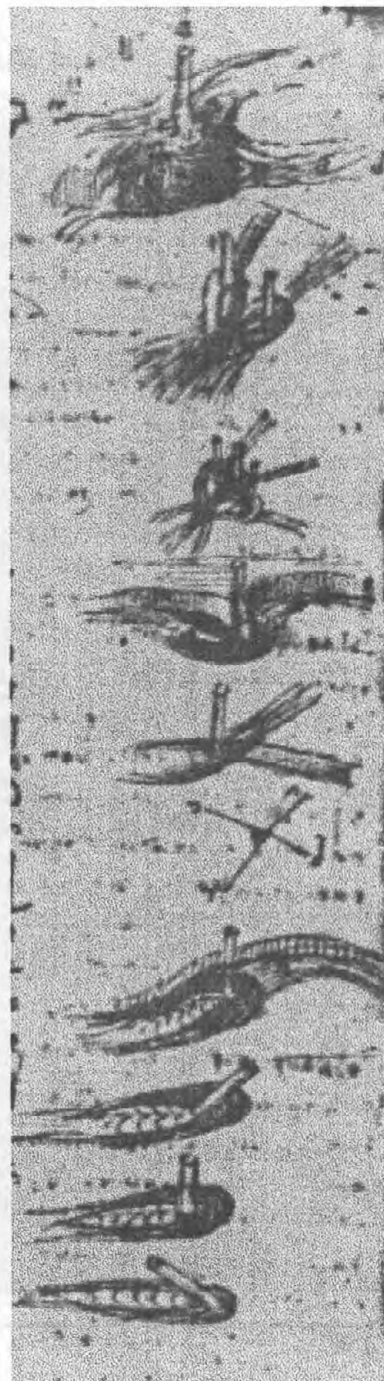
Ma se le due correnti insieme siscontrano immediate che anno percosso li ostaculi che superan lacqua allor nasciera gran profondita la quale ara tanto piu del lungo quanto la congiunzion delle correnti fu piu acuta.

E se tre corrnre si iscontreranno poi ch elle ara percosso 3 de predetti obbietti le concavita saran piu che delle 2 dette correnti piu profonde.

E se lobbietto che supera lacqua sara congiunto all argine del fiume lacqua che dentro vi percote cavera grandemente dinanti e di sotto a esso obbietto e fara retroso dalla parte di sotto e lasciera secca dove il retroso si scontra colla corrente cioe in *a* e questa concavita sara maggiore lungo largine che infra l fiume perche universalmente dove lacque pigliano il moto refresso infra largine vi si fa concavita e questo secondo accidente predetto la profonda piu. (5-13)

Quando le due correnti si scontreranno insieme inanti al propinquo ostacul che supera lacque esse caveran forte dinanti all obbietto e dopo lasciera tanto piu lunga e larga secca quanto langol della congiunzion delle due correnti sara piu gorsso.

E questo accade perche dopo la lor congiunzione seguitano un angol simile all angol della incidenza come mostra *a o b* angolo incidente contra *o c d* angolo refresso (D6). E se lostacolo sara alquanto remoto dall argine e che lacqua che percote ine lostaculo entri in fra esso ostaculo e largine allora sara gran concavita sotto esso ostaculo perch e aiutata essa concavita dal moto refresso che fa lacqua ne largine. (13-19)



6	"Se li ostaculi delle acque saran premanenti . . . E se lo ostaculo desse acque sara mobile . . ." Erosion patterns around fixed and mobile obstacles, are also fixed and mobile.	
CL 24V 1-3	(Casi 21) Se li ostaculi delle acque saran premanenti le profondita de fiumi da essi causate saranno ancora loro premanenti E se lo ostaculo desse acque sara mobile le profondita da quello causate ancor loro saranno mobil	

6	"E se lostaculo mobile saccosta all argine del fiume esso immediate fia causa di piegare tutto il fiume . . ."	
CL 24V 3-10	E se lostaculo mobile saccosta all argine del fiume esso immediate fia causa di piegare tutto il fiume e questo accade ch e lacqua che passa infra lostaculo e largine cava essa argine e ancora che lostaculo poi cammini su per lo fondo del fiume dirieto al corso dell acque non resta pero che la gia fatta concavita nell argine non si vadi al continuo crescendo e ampliando per lacqua che dentro vi si raggira come per la 4 del 3° si dimostra e che lacqua di quella risaltata all opposita riva non facci un altra simile concavita in essa riva la quale andra al continuo crescendo e po ritorna risaltando sotto la prima concavita e cosi successivamente seguita insin che tale impito dalla universal corrente del fiume e consumato	

6

CM I 144R

T2D1 -->(4)

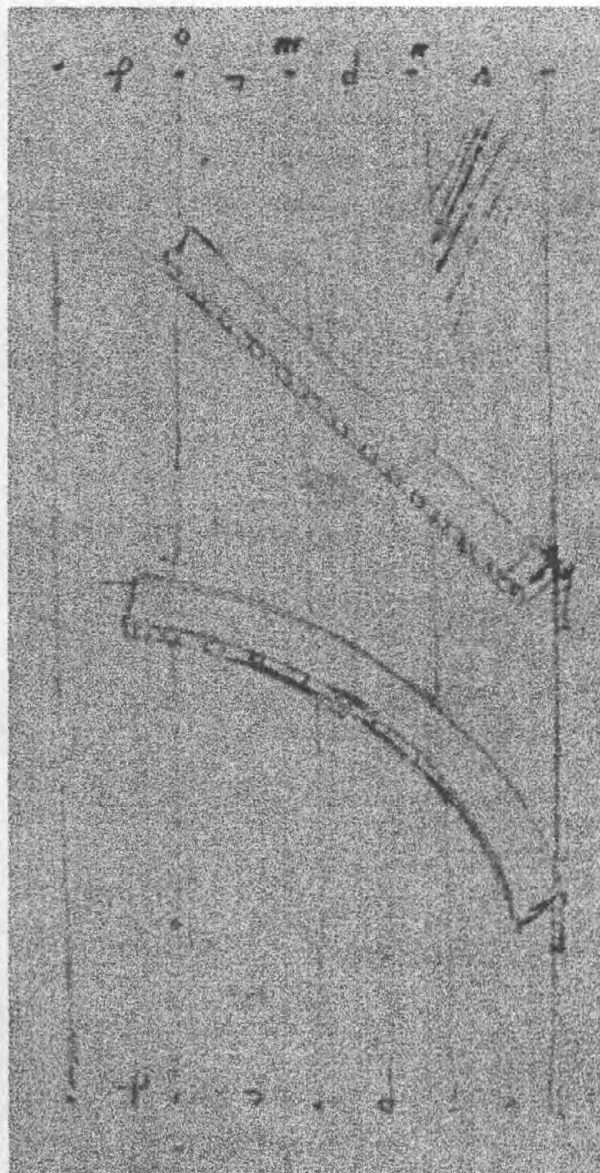
143V T1

" Se l ponte posto sopra le navi o botti fia fermo in polo coll una delle testa alla riva del fiume e . . . "

Action of river flow on pontoon bridge.

Se l ponte posto sopra le navi o botti fia fermo in polo coll una delle testa alla riva del fiume e coll opposita testa si dia al corso dell acqua accio l apogi nella contraposta riva dico che prima bisogna sapere la potentia delle varie linie dell acqua e oltre a di questo la resistentia dei ponte in diversi lochi della sua lungheza. Con cio sia ch esso sia prima in potentia del corso del fiume e poi che ssi ferma al traverso dell acque esso abbi varie forteze e deboleze contra al fiume e ll simile il corso dell acque contra l ponte. Onde diremo per la 9^a del secondo che l ponte e piu debole nel mezo che [n] nessun altra parte e il simile quella parte ch e piu presso a esso mezo. Ancora diren per la 3^a de 4^o che l fiume e piu potente in quelle parti che son piu presso al mezo che altrove essendo di dirito corso. Onde il ponte fia difficile a regiere colla sua parte piu debole alla parte piu potente dell acque. Ancora del suo moto si dimostra non s acordare quelle parti de circuli che ffan le parti del ponte nel moversi intorno al suo polo quando l acqua lo sspingie inperoché tutti essi circuli vogliano essere principiati n un tempo e ffiniti n un altro. E perche essi circuli son 4

4 tanto maggiori l uno che ll altro quanto essi son piu distanti al polo onde a essere finiti tutti a un tempo bisognerebbe che di mano i mano l acqua fussi di piu veloce corso quanto essa spingie tal ponte in parte piu distante al suo polo. E noi troviamo ch e corsi diritti de fiumi son piu pigri in ver[so] delle rive che nel mezo onde e sara sospinto prima il ponte nel mezo che nello stremo. E sse non fia di forte fabricatione esso ponte si ronpera i mezo Ma sse [i] fiumi fieno retorti qui si muta natura di potentia nel moto dell acque.



6.6

8
RL 12579R

Nota il moto del liello dell acqua il quale fa vso de capelli . . .

Leonardo discovered that drawings of hair could be very similar to some drawings of water flow. One notable case is that of helicoidal vortex flow. I think this is an early case of flow visualization. See my paper on rheograms. [Macagno 1985, Roma]).

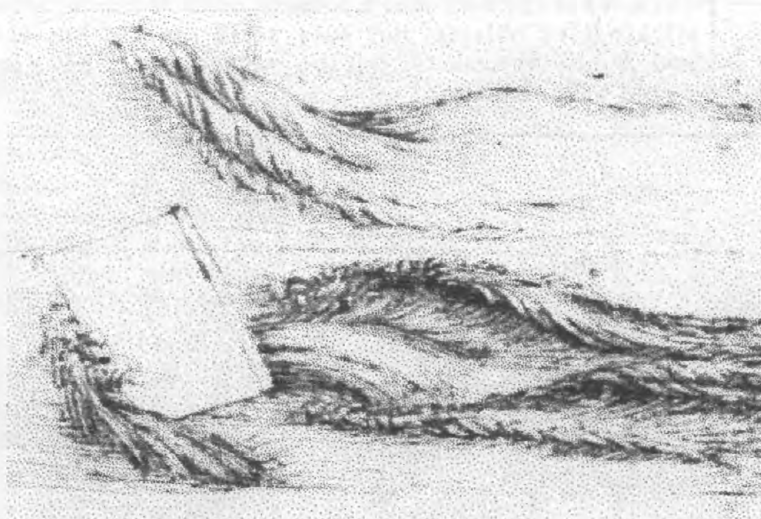
See other flow visualizations for flow around obstacles and jets falling into reservoirs, all from the Royal Library at Windsor.

Nota il moto del liello dell acqua il quale fa vso de capelli che anno due moti de quali l uno attende al peso del uello l altro all liniamento delle volte cosi l acqua a le sue volte reuertiginose delle quali una oparte atende al inpeto del corso principle l altro attende al moto incidente e refreso



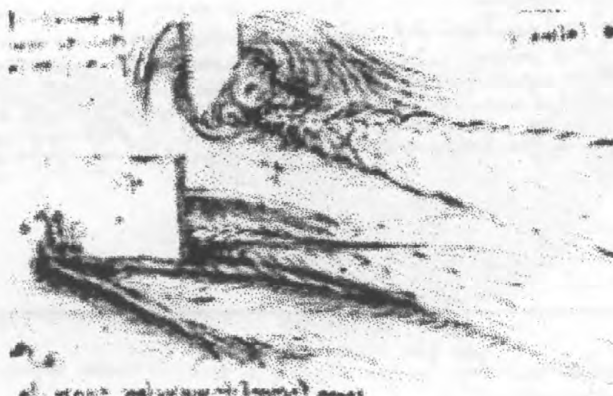
6
RL 12660V

Flow downstream from obstacles.



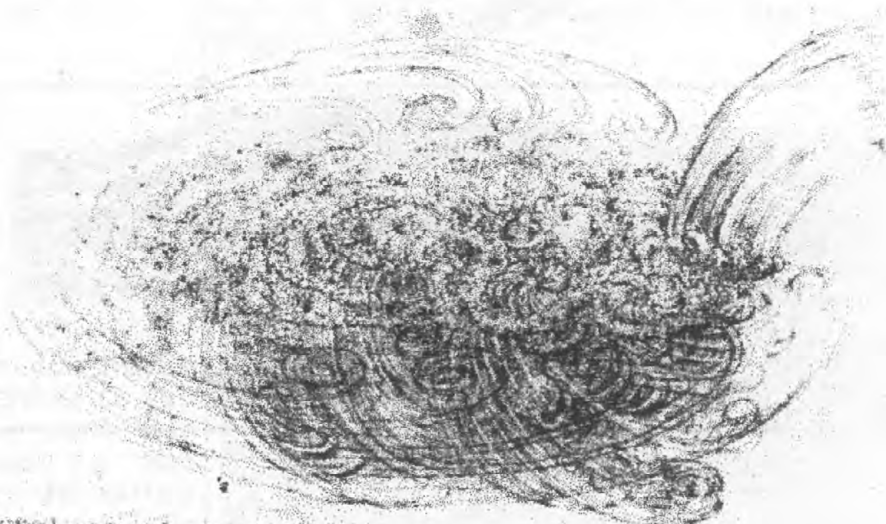
6
RL 12660R

Flow downstream from obstacles.



6
RL 12660 V

From some of Leonardo's lists for Chapter 6 (CA 214bR-V, CA 201R-V) it follows that Leonardo considered impact of water with all kinds of objects; not only solid objects but also deformable and liquid objects. A jet of water impacting water in a pool would be an example.

[illegible]

1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 1, 1861. It is a formal communication, and it is written in a very formal and dignified style. The President expresses his regret that he cannot deliver the message in person, and he explains the reasons for this. He then proceeds to discuss the state of the Union, and he mentions the recent election of Abraham Lincoln as President. He also mentions the secession of the Southern States, and he expresses his hope that the Union will be preserved.

6
RL 12661
12662

A water jet may have as an object on which it impacts a mass of water. There is a great variety of patterns in such a case. Leonardo used different rheograms to represent his observations of different cases. (See also RL 12660, of which it has been said that it was not a realistic representation of water flow; who knows?)

